

1

3

2

43

3

85

4

127

5

가

155



( )

1 / 6

2 / 7

3 / 39

/ 40



---

( )

[ ]

본 연구의 목적은 국내에 적합한 인공 함양 방식을 찾아냄과 아울러 전반적인 지하수에 대한 이용 증대 모색으로 인공함양 기법의 기본 소개, 국내외 인공 함양 및 지하수담 관련 연구 및 사업을 검토 분석하였다. 국내외 사례를 통해 알 수 있듯이, 인공함양 기법과 지하수담은 경제적이며, 지속적으로 양질의 물을 제공할 수 있는 좋은 수단인 것으로 나타났다. 본 연구에서는 동해안 지역의 해안 유출 지하수에 대한 예비 조사 및 독일 인공함양관련 시설에 대한 현장 조사를 수행하였다. 동해안 유출 지하수 조사 결과, 몇 개 지역의 지하수 해안 유출 가능 지역이 선정되었으며, 이 지역에 대해서는 이 유출 지하수를 이용한 수자원 개발의 가능성을 확인하였다. 또한 독일 현장 조사를 통해 인공 함양 기법을 이용한 수자원 확보를 위한 기술적인 문제 및 인공 함양 적지 선정을 위한 자연적인 조건 등의 주요한 정보를 획득 할 수 있었다. 갈수록 환경적인 요인과 경제적인 요인 등으로 지표 담의 건설이 제한됨에 따라서 가까운 시일 내에 지하수나 해수의 이용과 같은 대안적인 수자원이 준비되어야만 하며, 그에 따라 강변 여과, 하수 함양 재사용, 빗물 함양 재사용, 지하수담, 대수층 함양 및 채수 겸용 정호 시스템과 같은 인공함양 관련 연구 및 사업에 대한 투자가 절실히 요구된다. 본 발표자료는 한국수자원공사에서 1998년 7월부터 1999년 12월까지 수행한 “지하수 함양 및 활용증대방안 연구”의 요약보고서임을 밝혀둔다.

## 1

## 1.

지하수 인공함양 기법은 제한된 수자원을 보다 효과적으로 사용하기 위하여, 고안되었으며, 외국의 사례를 볼 때 최근에는 기술적인 발달에 힘입어 인공 함양 기법을 이용한 용수 개발 단가가 상당히 낮아져 실제적인 적용이 가속화될 것으로 예견된다. 인류가 제한된 지구상의 모든 자원에 대해 궁극적으로 관찰해야하는 최선의 방법이며, 최후의 방법은 재활용(recycle)과 재사용(reuse)이다. 지하수 인공함양은 물에 대한 이러한 궁극적 사용 방법인 재활용과 재사용을 가능케 하여 주는 중요한 수단인 것이다.

본 연구는 <98년도 물 관리 종합대책> 실천 과제의 일환으로서, 지하수 인공함양 기법을 통해 지하수를 개발·이용하는 외국의 사례를 정밀히 분석하여 국내 대수층 특성에 적합한 인공함양 기법을 연구하고 대규모 지하수 개발 유망 지역을 예비 선정, 이의 적용 가능성을 검토하는 한편 지하수담 건설, 해안 유출 지하수 활용 등 지하수를 경제재로서 적극적으로 활용하기 위한 방안을 강구하는데 본 연구의 궁극적인 목적이 있으며, 국내에 아직 생소한 지하수 인공함양의 다양한 기술과 실제 적용 사례 및 관련 이론을 참고문헌과 현장방문 조사를 통해 수집, 분석하여 이를 검토 정리하여 소개하는데 그 부수적인 목적이 있다.

## 2.

1998.7 - 1999.12 (18개월)

## 3.

본 연구는 일차년도와 이차년도로 나뉘어 수행되며, 각 차년도의 대표적인 연구 범위는 다음과 같다.



- 문헌 및 사례 조사



- 인공함양 기법 조사
- 인공함양 시설 사례 조사
- 인공함양 지역 입지 조건 검토
- 인공함양 수질 변화 특성 조사
- 국내외 인공함양 적용 사례 조사



- 기존 문헌 자료 분석 및 정리
  - 지하수 인공함양 목적 및 방법
  - 지하수 인공함양 기본 이론 정리
  - 지하수담 일반 사항 및 개요 정리
  - 해안 유출 지하수 조사 분석 방식 제시
- 인공함양 및 지하수담 사례 연구
  - 인공함양 국내외 적용 사례 분석
  - 독일 인공함양 현장 방문 조사
  - 지하수담 국내외 적용 사례 분석
- 지하수 개발 가능성 및 활용 증대 방안
  - 유도 방식 인공함양 개발을 위한 모델링 평가
  - 동해안 유출 지하수 조사
  - 충적층 지하수에 대한 인공함양, 지하수담 연계 방식
  - 지하수담에 의한 지하수 저장

## 2

### 1.

지하수 인공함양은 강수에 기인하는 지표수를 정호, 수로, 함양 분지 등의 인공적인 시설 설치나 습지 등 자연 조건에 대한 인위적인 변경을 통하여 지하 지층에 침투하게 함으

로써 지하수 개발량 증대, 지하수위 하강 억제, 지반 침하 방지, 지층을 이용한 수질 개선, 성수기의 잉여 용수의 지하 저장을 통한 일시적 또는 계절적인 용수 부족 해소 등을 도모하는 일체의 행위를 일컫는다.

## (1)

: 수질 개선은 인공함양의 최초의 시행 목적으로 인공함양 시 발생하는 수질 개선 효과에는 연수화, 황화수소 감소, 부영양화 물질 및 세균 감소, 물리적인 입자 제거, 독성 물질 제거 등을 들 수 있다.

: 이는 원수에 대한 수질 개선이 아니라, 일차적으로 정수 처리한 물에 대한 부산물 제거 목적으로 인공함양이 사용되는 경우이다.

: 특정 시기에 지하수 이용이 집중되어 이 이용량이 개발 가능량을 상회하는 경우, 필요에 따라 풍수기 등에 지하에 지하수를 인위적으로 침투시켜, 지하수 대수층의 파괴를 막기 위한 목적으로 수행된다.

: 지하에 오염원이 존재하는 경우, 이에 대한 유동 확산을 막기 위해 수행되는 지하수 인공함양의 경우이다.

: 부영양화된 댐 및 호소의 물은 주로 질소, 인 등의 농도가 높아 이를 지하에 저장하여 박테리아에 의한 탈질, 인산염 제거 등을 도모하는 경우이다.

: 임해 지역에서 과도한 지하수 채수로 인해 담수체가 급격히 줄어들고 이에 따라 염수가 침입되는 현상이 발생하는 것을 막기 위한 목적으로 인공함양이 수행되는 경우이다.

: 지하 저장은 지표수를 지하수와 연계하여 통합 관리하면서 지표수와 지하수의 유동, 부존 특성을 분석하여 필요에 따라 지하에 수자원을 저장하는 방식의 경우이다.

: 이 밖에 지반 침하 방지, 대수층 축열 이용, 하수 재처리 등의 목적으로 인공함양이 사용 가능하다.

## (2)

지하수의 함양 방법은 크게 간접 인공함양과 직접 인공함양으로 구분할 수 있다. 간접 인공함양 방식 중 가장 대표적인 방법은 유도 방식 인공함양으로 흔히 강변 여과 방식이 이에 해당된다. 이러한 유도 방식 인공함양은 하상(河床)의 투수성이 높고 하천변 대수층

이 상당히 두꺼우며 높은 투수성의 모래 또는 자갈로 구성된 경우, 배후 지역의 지하수위와 타 하천의 유량에는 큰 영향을 미치지 않으면서 대규모의 지하수를 개발할 수 있다. 직접적인 인공함양은 우선 하천이나 호소(湖沼)로부터 지표수를 취수하여 적절한 장소로 이송한 후 여러 가지 방법으로 대수층에 함양시키는 것으로서, 지하수 공급을 증대시키고 이전보다 더 많은 취수가 가능하다.

- 주입 방식 (injection method)
  - 습식형 : 지하수면까지 주입정을 착정하여 대수층으로 직접 주입
  - 건식형 : 정호의 심도가 지하수면까지 미치지 않는 방식
- 포수 방식 (spreading method)
  - 함양지 (涵養池) 방식
  - 하천-수로 방식 (stream-channel method)
  - 도랑 및 고랑 방식 (ditch-and-furrow method)
  - 범람 방식 (flooding method)
  - 지하관 매설 방식

### (3)

성공적인 인공함양을 위해서는 자연상태의 대수층에 추가적인 함양이 가능할 수 있도록 대수층내의 지하수위가 낮은 상태의 미고결 대수층이 가장 이상적이다. 그러나 피압을 받는 미고결 대수층은 인공함양을 위한 적절한 입지 조건을 갖지 못한다.

대부분의 대규모 인공함양 지역은 높은 침투율을 갖는 자유면 대수층 선상지에 위치하고 있고 입자가 굵은 퇴적물로 구성된 미고결 하상 충적층이나 구하상(舊河床)도 인공함양 위한 대수층으로 좋은 입지조건을 갖추었다고 할 수 있다.

### (4)

지하수 흐름문제에 사용되는 기본식은 Darcy의 법칙에 의해 지배되는 지하수의 유동 방정식과 일정한 공간에 대해 유입되는 양과 유출되는 양은, 유체의 전체 양이 보존된다면, 항상 같게 유지 된다는 연속방정식이다.

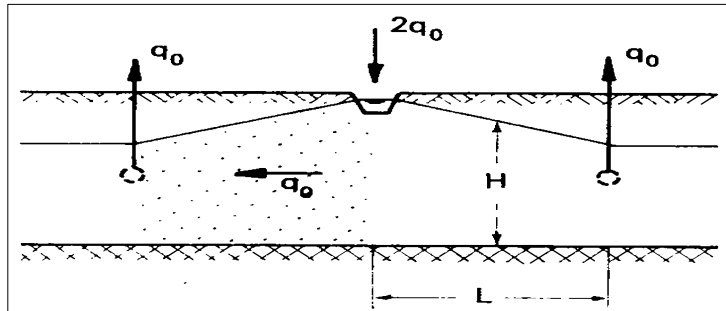
$$v = -k \frac{\partial \phi}{\partial s}$$

여기에서  $\partial\phi/\partial s$ 는 수두의 기울기,  $k$ 는 투수계수,  $v$ 는 접근 속도(실질적인 유체입자의 속도  $v' = v/p$ 의 관계,  $p$ 는 공극률)를 나타낸다.

인공함양 관련 기본 지하수 유동 이론식은 ① 정류상태 및 비정류상태, ② 집수갱로(1차원적인 수평흐름) 및 정호(2차원적인 수평흐름), ③ 자유면대수층, 피압대수층 및 준피압대수층(부분 누수 허용), ④ 강우에 의한 함양의 유무 등으로 나뉘어져 다루어 질 수 있다. 또한 이와 관련하여 실제적인 문제에 접근 시에 발생하는 수직 흐름 성분의 영향, 온도의 영향, 투수계수의 이방성에 대한 영향 등이 검토될 수 있다.

인공함양에 대한 설계는 첫째 지하 지층에 물이 머무는 체류시간이고 둘째, 대수층에 저수 될 수 있는 물의 양, 즉 지하 저장용량에 의해 좌우된다. 이중, 체류시간  $T_d$ 는 많은 경우에 있어서 수질의 개선과 관련된 설계 내용을 결정하게 되며 그림 2.1은 포수 분지와 평행한 집수관 시설로 이루어진 형태의 인공함양 방법의 단면도를 보여준다. 점쳐진 부분이  $q_0$ (단위 폭에 대한 흐름;  $m^2/s$ )의 함양률로 함양되는 물의 통로 역할을 하는 부분이다. 이 영역의 물 포화량은  $pHL$ 로 표기되며, 이때의 설계 체류 시간은 다음과 같은 관계를 갖게 된다.

$$T_d = pHL/q_0$$



2.1

만약 그림 2.1의 수직한 길이가  $B$ 라고 할 때, 총 취수용량은  $Q_0 = 2q_0B$ 와 같으며, 이러한 시설물 설치를 위한 요구면적은  $A = 2LB$ 이므로, 결국, 요구면적과 설계 체류 시간사이에는 다음과 같은 식이 성립하게 된다.

$$A = [Q_0/(pH)]T_d$$

이 공식은 어떠한 함양과 취수 형태에서도 간단히 적용할 수 있는 식으로 취수용량이 증가할수록, 설계 체류 시간이 길수록 시설물 요구 면적이 커지고, 공급률이 클수록, 포화 대수층이 두터울수록 요구 면적이 적어진다는 사실을 알 수 있다.

## (5)

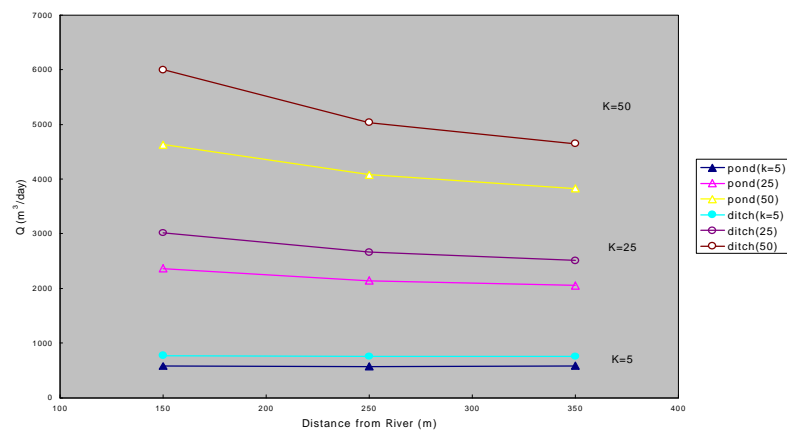
하천변 충적 대수층으로부터 정호 이외의 방법으로 강변 여과수에 대한 유도 함양을 하는 경우의 효율성을 살펴보기 위해 못(pond) 및 도랑(ditch) 방식에 대하여 지하수 유동 모델링을 실시하였고 못 및 도랑 방식에 의한 채수율 변화를 부각시키기 위해 하천의 수위, 대수층의 수리전도도, 지하수 함양율 등 필요한 수리지질 인자들은 최대한 단순화시켰으며, 주변의 무흐름 경계의 영향을 가능한 한 배제시키기 위해 상당히 넓은 대수층 영역을 모사 대상으로 삼았다(표 2.1). 또한 시간적 변화를 고려하지 않고 최종적인 결과만을 도출하기 위해 정류상태로 모사하였으며, 사용한 프로그램은 MODFLOW이다.

2.1

모델 도메인의 크기(X×Y)	17250×12400 m
격자 및 층의 수(Nj×Ni×Nk)	87×56(58)×5
대수층 수리전도도	5, 25, 50 m/day
지하수 함양율	3×10 <sup>-4</sup> m/day

못과 도랑의 채수율 차이를 서로 비교하면서 동시에 하천으로부터의 거리(d)와 수리전도도( $k$ )에 의한 영향을 살펴보기 위해, d는 150, 250, 350 m,  $k$ 는 5, 25, 50m/day의 조건으로 변화를 주며 각각의 조합에 대해 모사하였다.

금번 모사에서 공급원은 하천의 고정수위 경계와 지하수 함양이며 배출원은 못 및 도랑, 하천경계에 적용한 고정수위 경계이다. 최종적인 지하수의 채수율은 하천으로부터의 거리가 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났으며, 수리전도도의 증가에 따라 같이 증가하는 것으로 나타났다(그림 2.2 참조).



## 2.2

한편, 모든 경우에 있어서 못보다는 도랑 방식이 더 많은 채수량을 확보할 수 있는 것으로 나타났으며 수리전도도가 클수록 그 차이는 더욱 증가하였다. 지하수의 유동방향이 하천을 향하고 있으므로, 수직인 단면적이 더 넓은 도랑 방식( $3 \times 150 \text{ m}^2$ )이 못 방식( $3 \times 50 \text{ m}^2$ )에 비해 더 높은 채수량을 나타내게 되는 것으로 분석되었다.

그러나 가장 높은 채수량을 나타낸 경우(도랑방식, 투수계수  $50 \text{ m/day}$ , 강변 이격거리)에서도 그 채수량은 약  $6000 \text{ m}^3/\text{day}$ 로서  $3 \times 150 \text{ m}^2$ 의 단일 도랑 방식을 통한 강변 여과 방식만으로는 충분한 채수량 확보에 한계가 있음을 알 수 있었다.

## (6)

인공함양의 주목적 가운데 하나는 지하 매질을 통해 하천수를 유동시키고 탁도, E. coli와 같은 미생물 등을 제거함으로써 수질을 개선하여 안전하고 깨끗한 음용수를 생산하는 것이다. 그러나 최근 들어서는 인공함양에 있어서(특히 직접 함양 방식의 경우) 전처리는 일반적인 처리로 간주된다. 또한 정수 효과는 대수층의 오염 저감 능력에 의해 주로 이루어지며, 필요시에는 후처리 과정에 의해 보완되어야 한다.

## 2.

### 1)

#### (1)

독일에서는 19세기부터 라인강을 따라 분포한 충적층에서 강변 여과 방식을 이용한 지

하수 유도 함양을 실시하여 필요한 용수원을 개발·사용하여 왔는데 그 중 대표적인 강변 여과 방식은 하천으로부터 50 ~ 300 m 떨어진 지점에서, 심도 30 ~ 40 m의 지하수를 음용수원으로 취수하는 방식이며, 오염된 하천수가 하천 주변의 토양과 지층을 통과하면서 인체에 유해한 오염 물질인 화학적 화합물이나 세균이 침전되거나 미생물의 기작에 의해 살균, 분해되는 현상을 이용하는 것이다. 또한 독일의 대표적인 공업 지역인 루르 지방을 비롯한 여러 지역에서는 간접적인 유도 방식의 강변 여과만으로는 용수 개발량에 한계가 있기 때문에 인공함양지를 조성하여 전처리한 지표수를 지하로 강제 함양 시킨 후 필요에 따라 재취수 및 정수 처리하여 수요지에 공급하는 방법을 실시하고 있다.

#### (Köln)

-

켈른시는 인구 약 100 만명으로 물을 공급하는 대표적인 방법 중에 하나는 강변여과 방식으로 취수한 물을 인공침투지를 통해 다시 지하로 함양시켜 함양된 지하수를 채수하는 방식을 들 수 있다. 라인강에서 인공 침투지까지는 6 km 정도 떨어져 있으며, 원수는 1차적으로 강변 여과방식으로 취수된 후 관로를 따라 옮겨져 인공함양된다. 인공함양지에서 최종 수처리장까지는 약 2 km 정도 떨어져 있는데, 인수 관로 없이 지하 대수층을 통해 이동되고, 최종 수처리장에서 다시 취수된다. 최종적으로 취수된 물은 수질이 양호하여 활성탄 여과만으로 공급 가능한 양질의 수질을 확보할 수 있다(창원시, 1997).

#### (Düsseldorf)

-

상수도 수원으로는 자갈과 모래로 구성된 라인강둑에서 50~250 m 떨어진 곳에 수직 및 방사형 취수정을 설치하여 충적층지하수를 취수하여 사용하고 있으며, 시설용량은 192,000 m<sup>3</sup>/day로써 1인당 급수량 150 ℓ(한국 395 ℓ)의 용수를 개발, 공급하고 있다. 이때 집수정에 도달하는 강변지하수는 약 3~12주 이상 지하에 체류한 물로서 집수정 물의 약 2/3는 라인 강물이 침투된 것이고, 나머지는 기존의 지하수이다(한국수자원공사, 1996).

-

#### (Duisberg - Hamborn)

-

두이스베르그-함브론(Duisberg Hamborn) 취수장은 라인강 하류에 위치하고 있으며 강변 여과 시 라인강물의 체류 시간은 20~30일 정도로서 지하수에 의한 회석이 거의 일어나지 않는다. 염화물과 황산염의 농도는 강변여과되는 동안 거의 일정하게 나타나서 염화물과 황산염이 지하 경로의 영향을 받지 않는 반면, 다른 무기질 성분들은 강변여과 과정에서

대부분 제거된다(한국수자원공사, 1995).

전반적으로 취수된 라인강물이 강변 여과되면서 수질 개선 효과가 나타나고 있다.

#### (Essen) -

엡센(Essen) 지역은 루르(Ruhr)강 하류지역에 위치하고 있으며, 공업단지에서 배출되는 폐수 등으로 수질 오염이 심한 곳이다. 지질은 대수성이 좋은 사력(자갈 및 모래)으로 구성되어 있으며, 유역내에 농경지가 많아 농약 오염의 가능성도 높은 지역이다. 엡센(Essen) 정수장은 시설 용량이 134,000 m<sup>3</sup>/day 로써, 약 80만명에게 1인 1일당 급수량은 140 ℓ로 물을 공급하고 있다(한국수자원공사, 1999). 수원의 일부(약 5%)는 심층 지하수를 취수하여, 급속 여과한 물을 인공호수에 저장하면서 계단식 폭기에 의한 용존 산소를 공급하여 Fe, Mn을 제거하고, 조류 발생을 억제하기 위해 KMnO<sub>4</sub>를, 박테리아 제거를 위해 이산화염소를 투입한다. 또한 NaOH를 투입하여 pH를 평균 7.2~7.9 정도로 조절해 준다(한국수자원공사, 1996; 한국수자원공사, 1999).

#### (Tegel) -

테겔 호수의 물을 호수변여과수로 취수하여 사용하고 있으며, 강변여과 취수이외에는 우리나라와 비슷한 정수과정을 사용하고 있다(한국수자원공사, 1999). 폭기 단계를 통하여 철(Fe)과 망간(Mn)을 산화시키며, 반응조 단계에서는 원수에 포함된 Fe, Mn이 공기와 접촉되어 산소와 반응할 시간을 갖게 되어 솜털과 같은 플록(floc)을 형성시키기 위해 15~60분 정도 머무르게 한다. 급속여과 단계에서는 부유 물질을 제거하고, 플록화된 Fe, Mn을 물에서 분리해 낸다. 철(Fe)은 모래 여과만으로도 거의 제거되지만, 망간(Mn)은 모래 여과 후 46% 정도 남으며, 활성탄 여과 후에는 0.067 mg/ℓ 로써 음용수 기준치 이하까지 제거되는 것을 알 수 있다.

#### (RWW) -

뮐하임은 이들 공업지역 도시 중 하나로 철강 산업이 발달한 도시이다. 뮐하임 정수장은 루르강 표류수가 자연유하로 인공함양된 물을 취수하여 사용하고 있다(창원시, 1997). 이 정수장은 공업화로 인하여 심하게 오염된 물의 세균과 부유물질을 제거하기 위하여 인공함양을 실시하고 있으며, 이를 통하여 철과 망간도 각각 90% 및 20% 정도 제거되는 효과를 얻었다. 인공함양지의 깊이는 1m 정도이며, 인공함양지 표면을 6~8주에 한 번씩 4~5 cm씩 걷어내고 있다.



---

(Hagen) -

하겐 정수장은 루르강 상류에 댐을 건설해서 강의 수위를 유지시키면서 댐 건설에 따라 높아진 수두를 이용하여 루르강에서 자연유하 방식으로 지하를 통해 연못으로 물을 끌어오는 것이 특징이다. 얇은 지역에서 취수하기 때문에 표면층의 역할이 중요하므로 비점오염원이 대수층으로 침투하는 것을 방지하는데 역점을 두어야 한다(창원시, 1997). 최종 처리된 물에서 일반세균, 대장균은 99 % 이상 제거되며, 유기물은 DOC 기준으로 74.2 %, 암모니아성 질소도 91.4 % 가 제거된다(창원시, 1997).

(Witten) -

루르강 원수를 급속여과 시킨 후 인공함양시킨 지하수를 취수하여 정수하고 있는 이 정수장의 급속여과지의 두께는 140 cm이하이며, 1~2 mm모래를 사용하며, 인공함양지 모래는 0.5~2 mm크기를 사용한다. 다층여과지의 역세척은 1년에 1~2회 실시하고, 급속여과지는 1주일에 1회 역세척을 실시한다(한국수자원공사, 1999). 공기 주입 단계에서는 철(Fe)과 망간(Mn)을 산화시켜주고, 다층 여과 단계를 거치면서 대장균과 일반세균들은 급격히 줄어들고, 철, 망간도 거의 제거된다. 암모니아성 질소( $\text{NH}_4\text{-N}$ )도 여과 후 75 % 정도 제거되며, 최종 정수된 물에서는 거의 검출되지 않는다.

(2)

(Amsterdam) -

암스테르담은 지형적으로 해수면이 내륙지역의 수위보다 높아 염수 침입으로 수자원 이용 조건이 매우 나빠서 이 문제를 해결하기 위해 인공함양을 실시하게 되었다. 하천수가 사구지를 통과하면서 지하수와 혼합되고 여과효과에 의해 수질이 개선되는 효과를 나타낸다. 이와 같이 하면 특히, 부유물 침전, 암모니아의 감소, 과망간산칼륨 소비량 및 색도 등의 개선에 아주 효과적이다. 또한 유기질소화합물은 응결 및 급속 모래 여과 처리보다 사구 여과(dune filtration)에서의 제거 효율이 훨씬 높게 나타났다.

(3)

- (ASR)

이 지역의 용수 공급 시설은 석회암 피압대수층에 설치한 24개의 정호와 이에 종속되는 피압 대수층에 설치한 3개의 정호를 포함하고 있다. 허용 최대 일일산출량은 약 18만  $\text{m}^3$

이며, 실제 개발 이용하고 있는 양은 약 17만 m<sup>3</sup>에 달한다. 최초의 지하수 양수는, 황화수소 및 염화 화합물을 제거하기 위한 폭기 시설이 갖추어진 Weawhoootee 취수장에서 이루어지며 이 물은 Claude H. Dyal 정수장에서 정수 처리 된 후 수요자에게 공급되고, 용수 수요가 적은 시기에는 처리된 잉여의 물을 이미 설치된 6개의 ASR 정호를 통해 지하에 저장한 후 용수 수요가 많은 시기에 이를 재취수하므로써 용수 수급을 맞추고 있다.

#### (Dakota) (Oakes) -

다코타 북부의 오크스시에서는 학교 난방을 위해 하나의 회수공과 6개의 주입공을 설치하여 지하수 함양 및 회수 방법에 의한 지하수 난방을 시도하였다(Shaver and Wucetich, 1994).

#### (Oahu) -

이 지역의 주요 대수층은 이와(Ewa) 덮개암(caprock) 대수층으로 알려진 석회암층인데, 최근 농경작업 등에 의해 토지 이용과 물 사용이 늘어나면서 물의 염도가 증가하여 농업생산성도 감소할 뿐 아니라 심지어는 너무 높은 염도때문에 농업용수로 사용할 수도 없게 되었다. 그래서, 생활폐수를 일차처리한 후 목초나 사탕수수밭에 살포함으로써 수질개선 효과를 얻기 위한 연구를 실시하였는데 12개의 모니터링 공을 설치하여 함양에 의한 수질 변화를 모니터링 한 결과, 캘리포니아 목초에 대해서는 고율범람(high-rate flood) 영농법의 함양 효율이 91 %로써 가장 적합한 방법이었으며, 144 m<sup>3</sup>/h용량의 함양수를 계속적으로 생산하기 위해 필요한 면적은 약 6 ha이다. 대수층에서 함양된 물의 수질도 상당히 향상되었고 함양수중의 질소성분이 지하수면에 이르러서는 대부분 질산성질소로 변환되어 거의 검출되지 않았다. 염소 이온도 245 mg/ℓ 까지 감소하였고, 농약이나 용매(DBCP, EDB, TCP, TCE 및 PCE)들은 검출되지 않거나 극미량 존재하고 있으며, 중금속도 모두 검출한계 이하이었다.

#### (4)

일본의 경우 인공함양은 용수의 직접적인 이용이라는 일반적인 측면의 접근보다는 지하수의 축열 이용, 지반 침하 방지 등의 목적으로 지하수 인공함양이 부분적으로 이용되고 있다. 일본에서의 지하수 인공함양은 대부분 충적 평야에서 나타나는 지반 침하, 염수화 등의 지하수 장애 요인에 대한 대책으로 수행되고 있으며, 정호를 이용한 직접 대수층 주입 방식이 많이 사용된다. 일본 국토청 자료에 의하면 현재 일본에서 인공함양이 수행되고 있거나, 실험 혹은 연구 단계에서 검토되어 시범 운영되는 곳은 야마가타현 야마가타시

---

를 비롯하여 약 15개 정도 되는 것으로 알려져 있다(건설교통부, 1998).

(5)

농업, 도시 및 산업용수의 사용이 늘어나면서 사우디아라비아의 대수층은 심각할 정도로 고갈되고 있다. 사우디아라비아의 도시에서 발생하는 폐수 양은 현재 10억 m<sup>3</sup>/년인데, 2000년까지는 15억 m<sup>3</sup>/년에 육박할 것으로 평가되고 있다. 그래서 담맘(Dammam)시에서 배출되는 폐수를 근처 대수층에 함양시켜 사용하기 위한 연구가 진행되고 있다(Ishaq, et al., 1994). 담맘시는 Al-Khobar와 Qatif시로 둘러 쌓여 있다. 이 시에서 나오는 폐수들은 생물학적 처리를 하고 있다.

(6)

인공함양의 목적이 수질개선보다는 수위강하로 인한 염수 침입을 방지하기 위해 대수층에 물 충전, Kinneret 호수의 잉여의 물을 대수층에 충전, 그리고 여름이나 물의 수요가 늘어나는 기간에 사용할 물을 미리 저장해 놓고자 하는데 있다. 연간 함양되는 지하수의 양은 Kinneret 호수의 잉여분 물의 총량과 대수층 내의 지하수위에 따라 해마다 변한다. 지난 23년 동안의 평균 지하수 함양량은 2천 6백만 m<sup>3</sup>이며, 이 양은 평균 자연 충전량의 약 7.3%에 해당한다(Guttman, 1994).

(7)

중국의 상하이에서는 공장 용수 공급을 위해 지하수 인공함양법이 널리 사용되었는데 10년이 지난 후 수질에 심각한 변화가 발생하여 일부 지하수는 수질 악화로 심한 악취가 나며, 일부 함양정호는 심한 경우 막혀버리는 현상이 나타났다(Zhang and Yan, 1994). 대부분의 지표수를 정화한 후 함양하지만, 지하수와 지표수의 화학적 조성이 서로 다르기 때문에 결국 대수층의 물리적, 화학적 조건의 변화가 초래되었다. 이로 인해, 인공함양을 실시한지 10년 이상 경과한 후에는 갈황색 또는 흑색의 색상을 띠며, 악취가 나는 등 지하수 수질이 악화되었다. 상하이에서의 인공함양 사례 이외에도 중국에서는 산둥 반도의 지표수 관리를 위해 지하수담을 포함한 대규모 인공함양 계획(Liu, et al., 1994)이 계획되었는가 하면, 대만의 카오흐시웅에서의 하수를 이용한 염수 침입 처리 계획(Chang, 1994)이 진행되는 등 여러 지역에서 인공함양을 이용한 수자원 관리를 수행하고 있다.

(8)

-

(ASR)

라우디하타인(Raudihatain) 지역에서 정부기관(MEW)의 주도하에 수행되었고, 현재까지는 주입 정호들을 통하여 쿠웨이트 대수층에 물을 주입하는 것이 기술적으로 가능한지, 그리고 추후에 같은 공에서 양수하여 양질의 물을 회수할 수 있는지를 알아보았다. 또한, 탈염 화공정의 적용 가능성은 긴급 시 사용할 음용수를 전략적으로 비축하기 위하여 인공함양에 필요한 물을 충분히 공급할 수 있는 지를 알아보기 위한 것이다. 최근 실험 자료를 종합하면 쿠웨이트에서 대수층에 인공적으로 함양하는 것은 기술적으로 가능성이 있는 것으로 판단되며, 지표 저수지에 저장하는 방법과 비교할 때 인공함양에 의해 대수층에 물을 저장하는 방법은 비용도 적게 소요될 뿐 아니라 시설 유지 및 관리에도 안전한 방법이다.

(9)

-

호주의 남동부에 위치한 마운트 감비에르시는 23,000명의 인구를 가진 도시로 지난 100여년 동안 카르스트 대수층에 강우(降雨)를 저장시킨 후 이들 대수층과 수리적으로 연결된 호수를 통해 음용수를 공급하여 왔다. 카르스트 대수층을 통한 강우의 인공함양은 가장 경제적인 강우 처리 방법의 하나이며, 강우에 의해 인공함양된 지하수의 개발은 방치된 수자원을 개발할 수 있는 확실한 방법이다. 그러나, 오염에 쉽게 노출되는 대수층에 대해 처리되지 않은 강우를 인공함양 시키는 것은 부분적으로 여러 가지 위험성을 내포하고 있음을 간과해서는 안된다.

(Adelaide Plains)

-

호주 남부 알테라이드 평원의 앤드류(Andrew) 농장에서 주입정호 대수층 인공함양시 물의 수질 기준을 설정하기 위한 실험을 1993년 4월부터 1994년 2월까지 실시하였다(Dillon, et al, 1994). 이 지역 지하수는 염도가 높아서 농업용수로 사용하기에는 어려움이 있어서 염도가 비교적 낮은 강우를 정호에 주입함으로써 지하수의 염도를 낮추어 용수로 사용할 수 있게 되었다. 그러나 오염물질이 대수층에 유입됨으로써 주입정호의 막힘현상이 발생하게 되었으며, 장기적인 관점에서 볼 때 지하수 자원을 오염시킬 수 있다는 문제점이 있다.

(10)

가

위에서 살펴본 외국의 인공함양 이외에도 영국, 캐나다, 스웨덴 및 인도 등 여러 국가에

서 인공함양을 이용한 용수 관리가 수행되고 있다.

런던과 템즈 계곡의 시민들에게 물을 공급하고 있는 영국 템즈 정수장의 경우, 보통 겨울 기간에 템즈강 및 리강의 지표수를 취수한 후 전처리하여 런던 북쪽에 분포하는 여러 개의 정호들을 이용하여 지하에 주입 함양한다. 캐나다의 경우도 정호를 통한 지하수 함양이 실시되고 있는데 온타리오주 키체너(Kitchener)에서 시행되고 있는 맨하임 대수층 함양 계획이 그 중 하나이다. 평상시, 이 지역 그랜드(Grand)강의 지표수는 도수 및 정수 처리 과정을 통하여 수요자에게 공급되지만, 상대적으로 물 수요가 적은 겨울과 봄 기간 동안, 이들 정수된 물 일부를 맨하임 빙하 퇴적물로 구성된 대수층에 정호를 통하여 함양한 후 물 수요가 큰 여름에 취수하여 주민들에게 공급하는 방식이 사용되고 있다.

스웨덴의 경우도 침전지 방식과 유도 방식에 의한 인공함양이 수행되고 있다(Lekander et al., 1994). 또한 인도의 펀잡(Punjab) 지역 등 전세계적으로 인공함양은 효율적인 수자원 관리와 확보를 위한 유용한 수단으로 활용되고 있다.

참고로 외국에서 인공함양을 실시하고 있는 정수장들의 시설규모와 원수단가를 정리한 것이 표 2.2이다. 용수 단가가 1,250원에서부터 4250원까지로써 우리 나라에 비해서는 매우 높은 것을 알 수 있다. 그러나, 각 나라마다 지역마다 수자원 현황이 다르기 때문에 이를 절대 비교할 수는 없을 것이다.

2.2

가

	가 ( /m <sup>3</sup> )	1 ( /day)	(m <sup>3</sup> / ) ( )	(m <sup>3</sup> / ) ( )	
뮐하임 정수장	1,250	150		244,000	
퀵른시 정수장	1,325	150	144,000	156,300	
하겐시 정수장	1,425			65,000	
비텐 정수장	3,845		27,400		생산단가 (400원), 단가는 하수도 사용료(2,395원) 포함가격임
테겔 정수장	4,250	160	686,400	192,000	생산단가(450원) 단가는 하수도포함가격임
에센 정수장		140	134,000		
뒤셀도르프 정수장		150	357,600	192,000	
암스테르담 정수장		160	250,000	180,000	
오스트리아 비엔나			40,000		
프랑스 파리 Le Pecq-Croissy			320,000		
한국		350			

## 2)

인공함양은 지표수에 의한 취수 방식을 개선하여 효율적인 수자원 활용이 가능하며, 국내의 경우, 현재까지 시범적으로 수행되고 있는 인공함양 타당성 조사는 대부분 유도 방식 인공함양인 강변여과 방식에 대한 검토 및 기술적, 경제적 평가 형식으로 수행되고 있다.

현재(1998년 기준), 국내에서 인공함양을 이용한 실제적인 대규모 용수 개발 사례는 찾아볼 수 없으며, 몇몇 지방 자치단체나 공공기관에서 얕은 심도에 암거를 설치하여 복류수를 취수함으로써 충적층의 기계적 여과특성을 이용하는 것이 전부이다.

## (1)

한국수자원공사에서는 연기군 남면 월산리의 미호천 연변의 충적층에 정호를 설치하여 지하수를 취수함으로써 하천수를 강제로 지하로 유입하는 유도함양법을 실시하여 하상퇴적층의 오염저감 효과와 취수원 활용의 타당성을 검토한 바 있다(한국수자원공사, 1995).

## (가) 조사개요

- 조사명 : 하상퇴적층의 수리특성을 이용한 취수원 활용 시범조사
- 조사위치 : 충남 연기군 남면 월산리 106-11번지선 미호천 제방변  
(금강과의 합류점에서 약 500 m 상류)
- 조사기간 : 1994. 10 ~ 1995. 3 (150일간)
- 조사내용 : 기본현황조사, 전기비저항탐사, 시추조사 7공, 착정조사 3공, 대수성 시험, 흡착시험, 수리분산시험 등

## (나) 수리지질조사 결과

충적층은 주로 중립에서 조립질 모래로 구성되어 있으며 층후는 9 m내외, 포화대 두께는 약 5 m이다. 대수성시험 결과 충적층 자유면대수층의 투수계수는 약  $1.3 \times 10^{-3}$  %, 저류계수는 0.141 이다.

## (다) 오염저감능 및 수질개선효과

미호천의 수질은 호소의 수질기준으로 볼 때 공업용수 외에는 이용이 불가능한 V급 수준을 나타내는 반면, 하천변의 하상퇴적층에 설치한 시험정에서의 수질은 음용수 수질 기준중 탁도를 제외한 나머지 전 항목이 기준치 이하로 나타나, 현격한 수질의 차이를 보이고 있다. 항목별로 구체적으로 살펴보면, 하천수에서 풍기던 악취가 시험정에서는 사라졌으며 경도도 상당히 낮아졌고 카드뮴(Cd), 납, 아연, 망간(Mn), 철(Fe), 암모니아성 질소의 농도가 감소되었다. 이러한 오염물질 농도 저감현상 원인을 정확히 규명할 수는 없

---

지만 오염된 하천수가 충적층 매질을 통과할 때 상당한 수질 개선 효과를 갖고 있음은 명백하다.

## (2)

금강 수질의 악화로 정수처리 및 슬러지 처리비용의 증가, 세사의 과다 유입에 의한 펌프의 성능저하 및 수명감소, 겨울철 암모니아 질소 농도의 급격한 증가 등의 문제가 발생하고 있는 금강계통 광역상수도의 문제점을 해결하는 방안의 일환으로 충남 부여군 부여읍에 소재하는 한국수자원공사 부여취수장 직상류의 금강변 충적층 분포지역에 pilot plant를 설치하여 각종 수리지질조사 등을 실시하여 유도 함양법을 통한 취수 개선 방안을 검토하였다(한국수자원공사, 1996).

### (가) 연구개요

- 연구명 : 하상퇴적층 여과방식에 의한 금강수도 취수개선방안 조사·연구
- 연구대상지역 : 충남 부여군 부여읍 정동리 및 자왕리 일원 하상퇴적층 지역
- 연구기간 : 1996. 2 ~ 1996. 12
- 조사내용 : 기본현황조사, 전기비저항탐사, 지역별 시추조사 4공 및 착정조사 1공, 대수성시험, 장기 수위/수질 간섭시험, 흡착 시험, 수리분산시험 등

### (나) 수리지질조사 결과

Pilot plant 설치지점의 충적층 총후는 20m이며 포화대수층의 두께는 10~15m로 상부는 주로 실트질모래나 점토질실트로, 하부는 자갈섞인 모래층으로 구성되어 있으며 하부로 갈수록 구성입자의 입도가 점점 커지는 것으로 나타났다.

대수성시험 결과 연구대상지역 충적층의 수리전도도는 약  $8 \times 10^{-2}$  cm/s 내외로 나타났다.

### (다) 오염저감능 및 수질개선효과

설치한 시험정에서 20일간 장기 양수시험을 실시하면서 2~3일 간격으로 지하수시료를 채수하여 수질 분석을 실시한 결과, 건강상 유해영향을 주는 유기물질 및 무기물질들은 검출되지 않았으며 일반세균, 대장균군, 탁도, 색도, 철, 망간을 제외하고는 대부분 음용수 기준을 만족하였고 이들 또한 양수시간이 경과함에 따라 철(Fe)을 제외한 다른 화학종들의 농도는 주변 지하수와 비슷해지는 양상을 보였다.

## (3)

환경부, 부산광역시 및 경상남도에서는 「부산·경남지역 안전한 식수공급방안」에 대한

연구의 일환으로 하천 지표수를 직접 취수하는 방식에서 낙동강 연변 하상퇴적층에 정호를 설치하여 유도함양함으로써 지층의 오염저감효과를 이용하여 수질을 개선하는 방안을 검토하기 위하여 「부산·경남지역 복류수 및 강변여과수 개발타당성조사」(환경부 등, 1996)를 실시하였다.

조사는 물금취수장 상류 낙동강변에 충적층이 발달한 지역을 선정하여 시추, 착정조사를 비롯한 각종 수리지질조사와 수질분석 등을 실시하여 유도함양을 통한 용수개발가능성을 분석, 검토하였다.

#### (가) 조사개요

- 조 사 명 : 부산·경남지역 복류수 및 강변여과수 개발타당성조사
- 조사위치 : 경·남북 경계로부터 부산 물금취수장까지 낙동강 유역
- 조사기간 : 1995. 3 ~ 1996. 7
- 조사내용 : 기본현황조사, 해외사례검토, 지표지질조사, 전기비저항탐사, 지구당시추조사 8개소 및 시험정호 1개소, 대수성시험, 흡착시험, 수리분산시험, 모델링 및 수자원평가 등

#### (나) 수리지질조사 결과

조사지역의 하상퇴적층은 제4기의 충적층으로 주로 상류지역에는 모래와 자갈층이 주구성물질이나 하류로 갈수록 구성입자의 크기가 작아져 물금 지역은 실트와 점토질이 많은 것으로 나타났다. 주 조사지역에 대한 시추 및 착정 조사 결과 포화대수층의 두께는 약 20 ~ 35 m 사이로 외국에 비해 조건이 그리 나쁘지 않은 것으로 나타났으며 투수계수는  $0.89 \times 10^{-2} \sim 9.9 \times 10^{-2}$  cm/s로 상류지역의 경우 투수성이 양호한 것으로 나타났다.

#### (다) 오염저감능 및 수질개선효과

강변여과수에서 자주 검출되는 오염물들은 유기 오염물, 질산성 질소, 망간, 그리고 철 등이고 이렇 지구에서도 이들이 주된 오염물이다. 이들 오염물 중에서 질산성 질소는 인체에 해로운 오염물질이지만 산소가 고갈된 지하환경에서는 산소대신 전자 수용체로 기능하여 지하수의 수질을 정화하는데 기여할 뿐 아니라 질산성 질소를 전자 수용체로 하는 반응의 경우 오염물의 분해가 더 철저하여 지하수의 수질을 보다 좋게 하는 특성이 있다.

또한, 시험정들에서의 황산 이온 농도가 하류로 갈수록 증가하는 것을 알 수 있는데, 함양되는 지하수가 유기물 함량이 높은 실트층을 통과하면서 부분적으로 매우 낮은 환원 전위 즉 황산 환원균의 활동을 거쳤을 가능성을 시사한다. 또 다른 가능성은 하류로 갈수록 발의 비율이 커져서 비료에 의한 오염이 증가할 경우도 있을 것이다.



시험정들에서 검출되는 질산성 질소, 망간 그리고 철은 모두 지하환경의 산화환원능력과 관계있는 물질들로 양수율이 적을 때에만 문제되며 질산성 질소의 경우에 대해 산정한 바와 같이 양수율이 증가하여 강물의 유입량이 커지면 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

#### (4)

영산강 유역은 우리나라에서 만성적인 용수 공급 어려움을 겪고 있는 지역이다. 특히 영산강 유역은 용수의 절대적 부족뿐 아니라 지표수의 오염이 심각하여 하천수를 취수원으로 사용하는 정수장이 거의 없을 뿐만 아니라 댐 등의 건설에도 여러 가지 제약과 불리한 입지 조건을 가지고 있다. 본 유역내에서의 새로운 취수 방식으로, 90년대초부터 국내 적용의 필요성 및 타당성이 제기되어온 인공함양 방식 중 하나인 강변여과 방식에 대한 기술적, 경제적 타당성에 대한 조사가 수행되었다(한국수자원공사, 1999).

##### (가) 조사개요

- 조 사 명 : 강변여과 및 인공함양방법을 이용한 영산강 수원개발 기본조사
- 조사위치 : 영산강 본류 중하류(황룡강 합류점~무안군 일로읍) 약 80 km구간
- 조사기간 : 1997. 12. 19 ~ 1999. 2. 11(420일간)
- 조사내용 : 기본현황조사, 세부대상지점 선정, 세부수리지질조사, 강변여과 및 인공함양 수원개발 기본조사, 향후 계획 수립 및 국가의 정책방향제시 등

##### (나) 수리지질조사 결과

강변여과 방식 취수시 최우선 고려대상인 하천변 충적층에 대한 현황 조사 결과 이들 선정 지구의 충적층은 최소 3 m에서 21 m로 밝혀졌으며, 이 충적층 중 강변여과에 중요한 역할을 하는 사력층의 두께가 약 5 m 전후 인 것으로 보고되었다. 실내에서 측정된 영동, 옥곡, 죽산, 월호의 분산 지수는 4~12 cm의 범위이며, 야외에서 측정된 중분산 지수는 0.25~18 cm의 범위였다.

##### (다) 오염저감능 및 수질개선효과

하천수의 경우, 유기물 양의 지표인 과망간산칼륨의 소비량이 0.6 ~ 25.5 mg/ℓ로 큰 변화를 보였으나 지하수의 경우, 거의 일정한 값을 보여 시기에 상관없이 일정한 수질확보가 가능하다는 긍정적인 측면이 나타났다. 그러나 암모니아성 질소의 경우 하천수에 비해서는 그 변화폭이 적지만 양수 30일이 넘으면서 검출되기 시작했다는 점은 주의 깊게 검토될 필요가 있다. 그리고, 관측정 상부와 하부에서 채취한 시료들의 수질을 비교한 결과

그 차이는 미미한 것으로 나타나서 깊이별 지하수 오염 정도는 크지 않음을 알 수 있다.

### (5)

창원시는 낙동강 원수가 시민 생활 용수의 주 공급원이지만 낙동강 원수의 오염 취약성 및 배분량 한정으로 인해 용수 공급량이 절대적으로 부족할 것으로 예상되어 충적층에 정호를 설치하여 지하수를 취수함으로써 하천수를 강제로 지하로 유입하는 유도함양법 개발에 대한 타당성 조사를 수행하게 되었다(창원시, 1997).

#### (가) 조사개요

- 조 사 명 : 창원시 강변여과수개발 타당성 조사
- 조사위치 : 경남 창원시 동읍 북면·대산면 낙동강 본류 하천 연안 지역
- 조사기간 : 1996. 10. 25 ~ 1997. 8. 23
- 조사내용 : 기본현황조사, 전기비저항탐사, 시추조사, 착정조사, 장기양수시험, 수질조사 및 분석, 공내검층, 대수성시험, 오염저감능조사, 강변취수방안 및 타당성검토 등

#### (나) 수리지질조사 결과

본 지역 대수층의 발달상황은 물리탐사 및 시추조사의 결과로 판단할 때, 총 대수층 두께는 33~40 m이며, 자갈 및 모래로 이루어진 주대수층은 조사 대상 충적층의 최하부로 그 두께가 12.5~16.0 m 인 것으로 나타나 대체적으로 양호한 충적층 발달을 보여주었다. 대수성 시험 결과 시범 지구의 수리특성치는 투수량계수의 경우, 약 430 m<sup>2</sup>/일, 저유계수의 경우 0.02, 투수 계수의 경우,  $3.6 \times 10^{-4}$  m/s 인 것으로 밝혀졌다.

#### (다) 오염저감능 및 수질개선효과

지표수는 일반세균, 대장균군, pH, 색도, 탁도 및 KMnO<sub>4</sub> 소비량, 북면 지역에서 채취한 지하수 시료는 일반세균, 대장균군, 탁도, pH 및 망간(Mn), 그리고 대산면 지역에서 채취한 지하수 시료는 일반세균, 대장균군, 질산성질소(NO<sub>3</sub>--N) 및 망간(Mn)이 수질 기준을 초과하였다.

창원 지역의 강변 취수 방안에 대한 타당성 검토 결과, 취수정은 둔치 내 수직으로 일정 간격 설치 방안이 수평 집수정 방식에 비해 시공성 및 농경에 의한 토양오염 정도를 감안할 때 타당한 방법으로 검토되었으며, 강변여과방식에 의한 취수가 전체적으로 보아 경제성뿐만 아니라 수질 안정성 확보에 있어서도 타당성 있는 것으로 판단되었다. 또한 개발 시 수위강하에 따른 문제는 없을 것으로 판단되지만 최초 개발사업비 및 유지관리비는 지표수 직접 취수 방안보다는 불리한 것으로 나타났다.

### 3)

#### (1)

지하수 인공함양에 대한 국내 적용 사례를 살펴볼 때, 현저한 수질 개선 효과가 나타나고 있다. 그러나, 강변여과만으로는 용수목적에 적합한 수질을 확보할 수 없고, 특정 항목(Fe, Mn, 유기물 및 암모니아성 질소 등) 성분들이 음용수 기준을 초과하는 경우가 있어서, 그에 맞는 공정을 적절히 추가하여 설계하여야 한다(한국수자원공사, 1999).

#### (2)

#### 가

국내에서 실시한 시범 조사와 외국의 사례를 검토한 결과, 하천변의 하상 퇴적층을 취수원으로 활용하는 경우, 기존의 하천수 직접 취수 방식에 비하여 상당히 뛰어난 수질 개선 효과가 있을 뿐 아니라 '94년에 발생한 낙동강 폐놀 오염 사태와 같은 수질 사고 시에도 안전 채수가 가능하다는 장점이 있다.

표 2.3은 미호천에서의 직접취수방식과 인공함양에 의한 간접취수방식과의 개발단가를 비교한 표이다.

2.3

]

가 ('95 3 )

	5,000m <sup>3</sup> /day		10,000m <sup>3</sup> /day		30,000m <sup>3</sup> /day	
총공사비(백만원)	6,856	5,758	8,989	7,555	14,589	12,308
개발단가(원/CMD)	1,371	1,152	899	756	486	410

표 2.4는 영산강 유역과 창원시에서 조사한 직접취수와 간접취수에 의한 용수개발시 총공사비와 개발단가를 정리한 표이다. 일일처리능력은 영산강의 경우 10,000 m<sup>3</sup>/일 기준이며, 창원시의 경우 240,000 m<sup>3</sup>/일로 하여 산정되었다. 영산강의 개발단가는 918원으로써, '98년 기준 전국단일 용수요율 정수단가 157.52원과 비교할 때 5.8배 이상 비싼 것으로 평가되었다.

2.4

가

		(m <sup>3</sup> / )	( )	가 ( /CMD)	
영산강		10,000	12,289	918	'99.2 자료임
창 원	직접취수	240,000	158,109	204.3	'97.8 자료임
	간접취수	240,000	147,639	197.53	'97.8 자료임

이를 모두 종합하면, 일일처리용량이 커 질수록 상대적으로 총공사비나 개발단가는 저렴해지는 것으로 나타났다. 그리고, 취수방식에 있어서도 미호천이나 창원시의 경우에서 직접취수보다는 간접취수에 의한 공급방식이 더 저렴한 것으로 평가되어서, 하천변의 하상퇴적층을 취수원으로 활용하는 간접취수방식이 경제적 측면에서도 실행가능성이 있는 방식임을 확인할 수 있었다.

#### 4)

본 현장조사는 오랜 동안 인공함양 방식으로 수자원 확보 및 수처리를 수행하고 있는 독일의 관련 시설에 대한 견학 및 독일 현지 전문가들과의 토론을 통해 인공함양 기술에 대한 실제적인 문제를 파악하고 인공함양을 이용한 국내 수자원 확보 방안을 검토하고자 수행되었다.

##### (1)

독일은 수자원의 약 65%(인공함양을 포함하는 경우, 80%)를 지하수를 통해 확보하고 있는 것으로 알려져 있으며, 근대적인 의미의 인공함양 방식 도입은 약 130년 전부터 수행하고 있다.

금번 조사시 파악한 독일의 인공함양은 단순히 취수원의 물량 확보라는 개념과 더불어 인공함양 방식을 일종의 수처리 과정의 한 단계처럼 활용하고 있다.

독일의 물 공급 체계는 독립된 회사에 의한 공급 체계를 가지고 있으며, 현재 독일에는 지역마다 개별적인 수자원 공급을 책임지는 회사를 가지고 있다. 특히, 실제 독일 국민이 물 사용 금액으로 부담하는 가격은 지역과 물 공급 회사에 따라 차이가 있지만 물 1톤의 사용에 대해 약 10 DM (1999년 현재 환율 기준으로 1DM은 약 700원)의 비용 부담을 하고 있다. 이러한 물 사용 비용은 현재 국내 물 사용 비용에 약 20여 배에 해당된다. 특히, 이 물 사용 요금에는 하수 처리는 물론 개인 소유의 주택 및 정원에 내리는 강우의 우수처리 비용까지 포함되어있다.

최초에는 필요에 의해 인공함양의 강변 여과 취수 방식 개발이 수행되었으며, 그 후, 수질 개선 효과 및 안전한 취수원 관리를 위한 발전적 차원의 연구가 수행되어 실제적인 사업이 연구 검토보다 우선되었음을 알 수 있다.

##### (2)

(가) 쾰른 GEW 관리 인공함양 관련 수처리 시설

---

쾰른 GEW는 이 지역의 가스, 전기 및 수자원 공급을 책임지고 있으며 125년이 넘는 회사 연혁을 가지고 있는 회사이며, 지하수, 강변 여과수 등을 취수원으로 하여 쾰른 지역의 상수도 공급

**Hochkirche** : 쾰른의 수처리 시설 및 인공함양 관련에 대한 개괄 설명 자료가 전시

## GEW

### Langel

**Esch** : Langel 지역에서 강변여과 방식으로 취수된 지하수를 관을 통해 약 5 km 정도 이송시켜 지하로 강제 인공함양 시설

**Weiler** : 강변 여과후 인공 침투된 지하수의 재취수 및 이 물에 대한 후처리 기능을 수행

### (나) Düsseldorf AG 관리 인공함양 관련 수처리 시설

Stadtwerke Düsseldorf AG는 뒤셀도르프의 상수도 공급 및 운영을 수행하고 있는 기관으로 이 기관은 상수도 관련 업무 이외에도 뒤셀도르프의 에너지 관련 공급 및 운영 업무 등을 수행하고 있다. Stadtwerke Düsseldorf AG는 1866년 가스를 공급하는 업무를 시작으로 발족하였으며, 그 후 1871년 도심의 상수도 공급 업무를 시작하였다. 본 회사의 연혁 및 기본 현황은 <http://www.swd-ag.de>를 참조할 수 있다.

**Felhe** : 1870년대에 최초의 근대적 의미의 간접 인공함양 방식을 채택한 지역으로 당시 최초의 뒤셀도르프 지역의 수자원 공급회사가 본 수처리장에서 하루 처리 용량 8,800톤으로 상수도 사업을 시작하였다.

이 지역은 125년 동안 계속해서 강변 여과 방식으로 취수를 수행하였으며, 이 중 최초 80년 동안은 강변 취수한 물을 특별한 처리 없이 안전한 음용수로 사용할 수 있었으나 2차 대전 이후 라인강물의 수질이 급격히 악화됨에 따라 일명 “뒤셀도르프 수처리 과정 (Düsseldorf Treatment Process)”이라는 프로젝트로 다양하고도 집중적인 연구가 수행되어 강변 여과 원수에 대한 처리로 오존처리 방식 및 입상활성탄 처리가 적용되게 되었다.

**Holthausen** : 라인강의 우안에 위치하고 있으나 실제 취수원은 강변 여과 방식으로 좌안에서 취수된 강변여과수를 사용하고 있다. 취수된 강변 여과수는 직경 1500 mm의 대형관을 통해 하저를 지나 수처리장으로 공급되는 형식으로, 오존처리 및 활성탄 흡착, 관 부식을 막기 위한 인 및 규소 주입 등의 처리가 이루어진다. 특이할 만한 사항은, 본 수처리장에는 활성탄 재생 시설이 설치되어 있어, 하루에 약 6톤 정도의 활성탄을 재생

하고 있다. Stadtwerke Düsseldorf AG는 총 부피 2,100 m<sup>3</sup>의 42개 흡착조를 가지고 있으며, 본 활성탄 재생 시설은 연간 최대 5,000 m<sup>3</sup>(현재 가동은 이 최대 용량의 약 50 % 정도)의 활성탄을 재생시킬 수 있다.

**Holthausen** 은 Stadtwerke Düsseldorf AG의 수자원 공급, 수처리 등 제반 사항에 대한 실제적인 분석 및 실험을 통해 최적화된 방법으로 수자원 취수, 처리 및 공급을 수행할 수 있는 방안을 제공하고 수질 사고에 대비한 자료 축적 및 검사 기능을 수행하고 있다.

#### (다) Stadtwerke Essen AG 관리 인공함양 관련 수처리 시설

Stadtwerke Essen AG는 현재 인구 약 60만의 Essen시 지역의 가스 및 수자원 등을 공급 관리하는 기관이다. 이 회사의 수자원 공급은 라인강의 지류인 루어강(Rhur)표류수를 이용하여 수행되며, 표류를 일차 정수 처리한 후 인공 침투지를 통해 강제로 대수층으로 함양시킨 후, 다시 지하 집수관을 통해 취수하여 간단한 후처리만을 통해 공급하는 과정을 통해 수행된다.

Essen 수처리장에 최초의 취수원 시설이 설치된 것은 1900년 경이며, 이후 추가적인 수처리 시설물들이 수량과 수질 확보를 위해 계속적으로 도입되었다.

Essen 상수도 공급 펌프장의 펌프 시설은 대형 사이폰 방식을 채택하고 있으며, 각 시설물의 상태, 용수 공급 현황 및 기타 제반 상수도 관련된 자료를 실시간으로 분석할 수 있는 전산 시스템을 갖추고 있다. 본 펌프장에서는 중화 및 살균 처리가 필요에 따라 수행되며, 특별한 정수 처리는 없으나 펌프장내의 용수에 대해 계속적으로 모니터링 할 수 있는 수질 검사 시설이 갖추어져 있다.

#### (라) Dresden 지역의 연구 시설 및 인공함양 방식 활용 수처리장

본 드레스덴 지역은 독일 동부의 대표적인 강인 엘베강(Elbe) 유역의 지역이다. 본 지역에서는 Dresden TZW 연구소 및 Hosterwitz 수처리장을 방문하여 인공함양 시설 및 관련 연구 상황에 대한 조사를 수행하였다.

Dresden TZW 연구소는 주로 상수도에 대한 수질 조사, 엘베강에 대한 수질 모니터링 및 드레스덴 지역의 물 공급을 위해 필요한 연구 업무 등을 수행하고 있으며, 과거 통독 이전에는 하수도 관련 업무도 수행하였으나 그 후 계속 중단되었다가 1998년부터는 하수도 관련 수질 조사, 수처리 및 관련 업무와 연구 등도 수행 중이다.

Hosterwitz 수처리장(DREWAG 관리)은 엘베강의 물을 직접 취수 및 강변 여과 방식으로 취수한 후, 인공 침투지를 이용하여 지하에 함양하여 재취수하는 방식을 이용하여 수처리

---

를 수행하는 드레스덴의 대표적인 수처리장이다.

### 3.

#### 1)

본 조사의 내용적인 범위는 인공위성 자료를 분석하여 동해안 일대의 상대적인 온도를 산출, 영상출력하고, 지하수가 유출될 것으로 예상되는 지점을 지역별로 선정하는 것에 중점을 두고 있다. 본 조사에서는 원격탐사를 수행하였으며 이에 지형도, 지질도, 토양도 등의 많은 기초자료들을 활용하였으며, 기상 및 관측 수온 자료 등을 이용하였다.

#### 2)

이 지역의 지형고도를 보면 왼쪽에 태백산맥이 길게 남북으로 뻗어 있어서 서쪽의 지형이 상당히 높고, 동쪽 해안은 경사가 비교적 완만하다. 동해안 일대에 발달한 크고 작은 지류와 하천들은 태백산맥의 영향을 받아 수지상 또는 아수지상의 형태를 보이고 있으며, 동쪽과 남동쪽으로 흘러 결국 동해로 유입된다. 조사 지역의 지질은 선캄브리아기의 변성 퇴적암류, 중생대 화성암류, 관입암류, 퇴적암류, 제 3기의 화산암류와 미고결퇴적암류 및 제 4기 충적층 등으로 나눌 수 있다. (대한지질학회, 1999).

#### 3)

기온자료는 인공위성 영상의 획득 날짜에 의해 기상월보를 참고로 하여 97년 5월 17일의 자료를 사용하였으며, 지하수 온도자료는 동해안에 위치하고 있는 지하수관측점에서 측정된 것으로 지하수 관측연보를 참고로 하였다. 본 조사에 사용한 해수면 온도자료는 해양 관측점에서 측정된 자료로 해양관측연보를 참고로 하였다(국립수산진흥원, 1997).

#### 4)

본 조사에서 사용된 원격탐사 자료는 Landsat TM 센서에 의해 1997년 5월 17일에 획득된 Path-114, Raw-34, 35의 것으로 총 2개의 영상 자료에서 해안선 중심의 500×500 subscene으로 추출한 것이다.

획득된 영상 자료의 기하 보정 및 좌표 일치를 위하여 해안선 및 인공구조물들을 중심

으로 각각 20여개의 지상 기준점을 선정 한 후 RMS 오차가 0.5 이상인 지상 기준점을 제외 하였다. 재배열 방법으로 최근린 내삽법을 사용하여 기하 보정을 수행한 결과 RMS 오차가 각각 0.12와 0.15로 지도 좌표와 거의 정확하게 좌표를 일치시켰다.

#### (1)

이 기법은 사용목적에 따라 다르지만 일반적으로 대상물체를 쉽게 식별하기 위해 주로 이용하게 되며, 본 조사에서는 밴드 3, 2, 1의 합성 영상과 밴드 7, 5, 3의 합성 영상을 작성 하였다.

#### (2)

본 조사에서 지표피복에 대한 분류는 최대 우도법에 의해 이루어 졌으며, 분류 결과 체로 분류되는 계급은 산림, 농경지, 인공구조물을 포함한 주거 지역, 토양이 지표에 노출 된 나대지 및 물의 5계급이다.

#### (3)

식생에 대한 정보는 주로 식생 지수(vegetation index)라는 지표를 이용하여 표현하며, 주로 정규화된 식생 지수(NDVI)를 사용한다.

#### (4) Landsat TM

Landsat TM 밴드 중 열적외선 영역인 밴드 6은 광역적인 지역의 지표물질에 대한 온도 등의 열과 관련된 정보를 제공한다. 밴드 6은 다른 밴드들의 공간해상도가 낮지만 최근에는 수질오염, 환경감시 등의 분야에서의 응용범위가 넓어지고 있다. 밴드 6을 이용하여 지표면 온도를 구하고자 할 경우 센서에서 획득된 방사 휘도를 이용하여 지표물질에 대한 온도를 산출할 수 있다(Markham and Barker, 1986).

#### (5) NOAA

NOAA 인공위성은 미국해양대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)에 의해 운용되고 있는 기상관측 위성이다. NOAA 위성 자료는 공간해상도(LAC:1.1 km  $\times$  1.1 km, GAC:4 km  $\times$  4 km)가 낮지만 분광해상도 및 방사해상도(10 bit)가 뛰어나며 한번의 관측으로서 획득되는 자료의 공간적 규모가 매우 크다(2400 km). 또한 시간해상도가 매우 뛰



어나기 때문에(1/2 day) 광역적인 규모에 대한 정량적인 접근이 필요한 경우에 자주 활용되고 있다.

표 2.5는 NOAA 위성자료에 의한 각 지점의 해수 표면 온도를 나타내고 있다. 표 2.5에서 해수 표면 온도는 총 8개의 지점에서 획득하였으며, 북부 해안이 구름이 걸쳐있어 속초에서는 자료가 없는 반면에 17:19의 자료는 평균 12.26℃ 내외의 온도를 나타내고 있다.

2.5 NOAA AVHRR

위치		38.2088 128.605	37.8875 128.83	37.0577 129.433	36.0436 129.3872	36.0763 129.575	35.8055 129.5111	35.4911 129.4432	35.1872 129.2263
04:55	위치	-	37.88343 128.8734	37.06425 129.465	36.05316 129.4776	36.07351 129.4776	35.80853 129.5783	35.49144 129.4776	35.19336 129.2636
		-	-	37.05421 129.4524	-	36.07351 129.60351	35.79832 129.5675	-	-
	온도	-	14.8	14.0	15.3	15.2	13.2	15.3	14.5
		-	-	14.4	-	14.5	13.2	-	14.7
17:19	위치	38.21056 128.609	-	-	-	-	-	-	-
		38.20064 128.609	-	-	-	-	-	-	-
	온도	12.12	-	-	-	-	-	-	-
		12.40	-	-	-	-	-	-	-

## (6) (DEM)

수치표고모형(DEM: Digital Elevation Model)은 공간상에 나타나는 지형의 기록을 수치적으로 표현한 자료이며, 실제 지표면을 상징적으로 보여주는 모델 중의 하나이다. 본 조사에서는 지표면 온도 분석 결과를 바탕으로 선정된 지점들에 대한 고도 분포를 확인하였다. 또한, DEM을 변환하여 지형경사도 분포도를 작성한 후 이를 분석하였다. 경사방위각은 각 격자에서 가장 경사가 급한 방향의 값을 나타내는 것으로 1에서 360 까지 표현된다. 즉, 경사면이 어느 방향인가에 따라 선구조가 결정되며, 수계를 이루게 되므로 경사방위각에 대한 분석이 매우 중요하다. 음영기복도를 통한 지질구조 및 선구조 분석은 보통 태양의 각도와 고도각에 의해 영향을 받게 된다. 따라서, 본 조사에서는 태양의 각도를 45°, 고도각을 45로 설정하였다.

## 5)

본 조사에서는 기하 보정 및 좌표 입력 등의 전처리 과정을 마친 총 2개의 전체도(full scene)에서 최초 흑백의 전체 영상에 색깔을 부여하였다. 각각의 전체 영상은 500×500의 화소 크기로 추출하였으며, 그 결과 총 20개의 부분도(subscene)가 추출되었다.

반사도가 낮고, 높다는 것은 각 화소에 해당하는 수치 값(DN)이 작고, 크다는 것을 의미하며, 즉, 어둡게 나타나는 지역은 DN 값이 작으며, 밝게 나타나는 지역은 DN 값이 크게 나타난다. 따라서, 상대적으로 황색, 적색으로 보이는 지역에서 청색의 저온인 지점이 지하수가 유출되거나 내륙에서 지표 및 하천수가 바다로 유입하는 지점일 가능성이 크다. 1차 해안 지하수 유출 지점 선정은 단일 Landsat TM band 6을 이용하여 지표면과 해수에 대한 온도를 산출한 후 육지는 흑백영상, 해수는 색깔을 강제로 부여하여 구별을 쉽게 하였으며, 해안선에서의 각 화소에 대한 분석을 한 결과 총 64개의 지점이 선정되었다.

2차 유출 예상지점은 20개 지역에 걸쳐 선정된 35개 지점으로 항공사진을 이용하여 판독하였다.

표 2.6은 3차 해안 지하수 유출 지점을 나타낸 표이며, 3차에 걸쳐 선정된 지점들은 주로 고기 및 신기 퇴적암류, 충적층이 분포하고 있는 곳에 위치하고 있으며, 지질 경계부에 위치하고 있다. 또한, 선구조 분석 결과 대체로 선구조의 말단에 해당되어 지표수 및 유출된 지하수는 이것들에 의한 영향을 많이 받는 것으로 확인되었다.

2.6

3

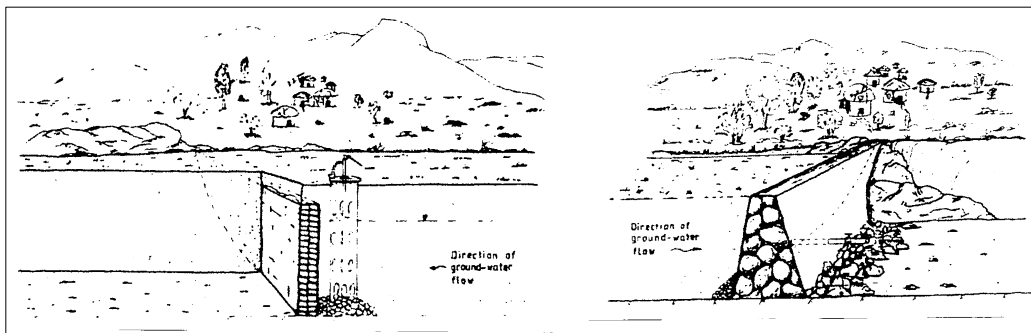
	( )				( )		
주문진, 강릉	1	5	Ps, In, Qa	병곡, 축산	1	32	Ps, Cs, Qa
정동진, 옥계	1	8	Ls, Ps, Qa	영덕, 강구	0	·	
묵호, 동해	1	10	Me, Ls, Cs	남정, 월포	0	·	
삼척, 근덕	1	12	Me, In	곡강, 포항	2	40, 43	Vo, Cs, Qa
매원, 임원	0	·		대보, 석병	0	·	
원덕, 죽변	0	·		구룡포, 하정	1	46	In, Cs
온양, 울진	2	16, 17	Me, Ls, In	감포, 대본	2	52, 54	Ps, In, Cs
월남, 척산	0	·		양남, 정자	2	55, 58	Ps, In, Cs
평해	1	27	Me, Ls, Ps	울산, 방어진	0	·	
후포, 지경	0	·		온산, 당월	1	64	In, Vo

#### 4.

##### 1)

지하수댐은 인공적인 방법에 의해 지하수를 지하에 함양시킨다는 점에서 광의의 지하수 인공함양에 속한다.

지하수댐(groundwater dam)은 엄밀하게 구분하면, 지하댐(subsurface dam)과 모래 저장댐(sand storage dam)으로 구분된다. Hanson과 Nillson(1986)에 의하면 인공적인 차수벽 시설을 통해 지하수를 저장하는 모든 방식이 지하수댐에 해당되며, 지하수댐은 자연적인 지표면 하부에 차수벽을 시공하여 지하수를 저장하고 이를 양수하여 사용하는 방식과 계곡과 같이 주변에 비해 낮은 지표면 위에 지지력이 있는 댐을 시공한 후 댐에 의해 확보된 공간을 모래와 같은 투수성 물질로 채운 후 물을 저장하고 이용하는 방식으로 구분된다(그림 2.3 참조). 이 경우 전자의 형식을 가진 지하수댐을 지하댐이라 명명하고, 후자의 형식을 가진 지하수댐을 모래 저장 댐(sand storage dam)이라고 명명한다.



2.3

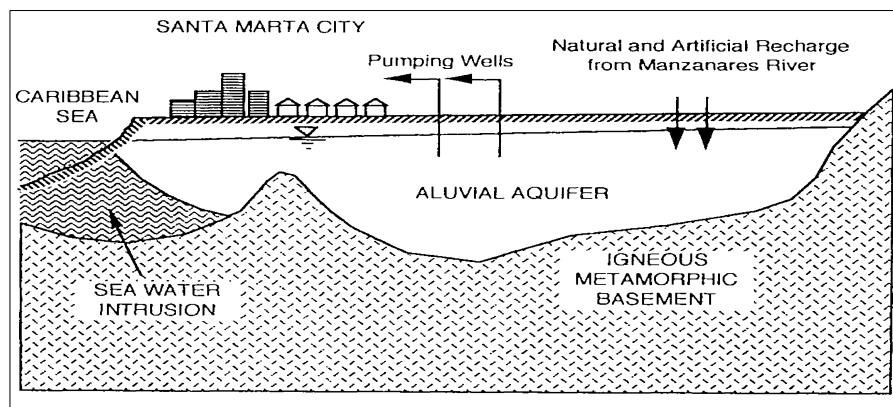
; ( ) ( )

지하수댐은 일반적인 지표 댐 방식과 비교하여 볼 때, 여러 가지 측면에서의 장점을 갖는다. 가장 대표적인 장점은 기본적으로 지하수댐의 경우 증발에 의한 손실이 실제적으로 거의 없고, 지표면에 대한 수몰 면적이 없다는 점을 들 수 있다. 이 밖에도 수질 오염의 위험이 적고 상대적으로 공사비가 적으며, 대체로 연중 일정한 수온의 물을 얻을 수 있다는 장점을 갖고 있다. 그러나 지하수댐이 항상 이러한 장점만을 가지고 있는 것은 아니다. 지하수댐의 가장 치명적인 단점은 취수를 위해서는 많은 유지/관리 비용이 요구되는 별도의 양수 시설이 필요하다는 점과 지하수 저장량에 대한 정확한 평가가 어렵다는 점을 들 수 있다.

## 2)

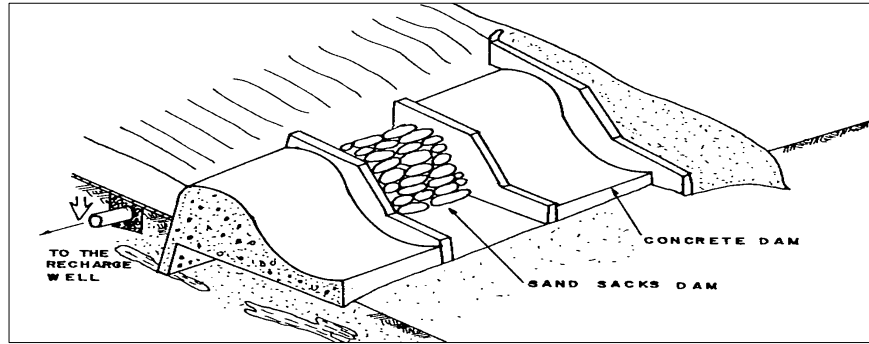
외국의 지하수담에 대한 대표적인 학술보고 자료는 Hanson and Nilsson(1986), Ambroggi (1978), Cluer(1989), Molano et al.(1994) 및 Liu et al.(1994) 등이 있으며, 기술적인 사안에 대한 참고 문헌은 일본의 자료들로 石崎隆義(1977), 赤井浩一(1983) 등이 있다.

- 인도 Palghat Gap 지역의 지하수담 : 평균 저류량이 15,000톤 정도의 소규모 관개용 지하수담으로 계곡부 130 m에 대해 석고 벽돌을 기반암부터 평균 높이 5~9 m로 쌓아 올렸으며, 지표의 침수 방지를 위해 지표면 하부 1 m에 차수벽의 정부(crest)가 위치하도록 설치하였다. 대부분의 대수층은 모래이며 유효공극률은 7.5 % 정도이다(Hanson and Nilsson, 1986).
- 에디오피아 Bombas 지역 및 Gursum 지역 지하수담 : 에디오피아의 최초의 지하수담은 1981년에 건설되었다. Bombas 지역의 지하수담은 매우 소규모의 모래 저장담으로 심도 3 m의 천부 기반암까지 굴착한 후 콘크리트 블록을 이용하여 지표층보다 0.8 m 높게 담을 만든 형태를 가지고 있다. Gursum 지역은 인구 5,000명에 대한 생활용수 공급을 목적으로 모래 저장담을 건설하였다.
- 콜롬비아 산타 마르타시의 지하수담 : 이 지역의 대수층은 자유면 대수층이고 주로 조립질 모래로 이루어져있다. 이 대수층은 투수계수는 4~20 m/day를 보여주고 있으며, 투수량 계수는 200 내지 1000 m<sup>3</sup>/day, 비산출률은 0.2 정도의 양호한 투수성을 보인다.



2.4

본 지역에서는 소규모의 다단계 콘크리트 및 모래 주머니 이용 담(sand sacks dam)과 이 담의 직상류부의 주입정호를 연계한 인공함양 방식(그림 2.5 참조) 및 양수 조절 방식에 의한 유도 함양 정호를 이용하여 지하 대수층에 담수를 저장하여 사용하고 있다(Molano, et al., 1994).



2.5

– 중국의 후빙 지하수댐 및 룡코우 지하수댐 : 오랜 기간 용수 이용이 증가되면서 지하수위가 지표하부 30m까지 강하한 지역으로 더 이상의 지하수위 강하를 막고 지하수댐에 의한 용수를 확보하고자하는 목적으로 지하수댐의 건설이 계획되었다. 이 지역은, 대수층이 주로 제4기의 황토층 및 중생대의 쇄설암으로 그 두께가 최대 80m, 평균 30m이며, 투수계수가  $2.4 \times 10^{-2}$  cm/s, 유효공극율이 20% 내외로, 연간 7,000만톤의 양수가 가능하고 대수층의 저수용량도 약 5억 톤에 달하는 지하수댐의 적지이다. 지하수댐의 연장길이는 총 3,850m이며, 이중 대수층의 심도가 20m 미만인 1,200m 구간 중 830m 구간을 점토 충전 공법으로 시험시공 하였다고 보고되어있다.

– 일본의 가바지마 지하수댐과 미야코지마 지하수댐 : 1974년에 물막이벽을 건설하고 용수를 이용하였으나 갈수기 급수에 문제가 있어 지하수댐에 대한 검토가 1977년부터 1980년까지 수행되었다. 이 섬의 계곡부를 이용한 지하수댐의 저장 용량은 약 9,340 m<sup>3</sup>에 해당되는 것으로 평가되었고, 이는 일체의 지하수 함량이 없는 경우에도, 1일 200톤의 취수로 약 45일 이상을 견딜 수 있는 양으로 평가되었다. 가바지마 지하수댐은 주입공법을 이용하여 투수계수  $3 \sim 5 \times 10^{-2}$  cm/s 었던 사력층을  $8 \times 10^{-6}$  cm/s로 개량하였으며, 일일 400톤의 취수를 할 수 있는 시설을 갖추었다.

미나후크 지하수댐의 주요 대수층은 석회암으로 투수계수가  $10^{-1} \sim 10$  cm/s로 매우 높은 투수성을 갖는다. 이 지층의 유효 공극률은 평균 7% 내외로 지하수댐에 의해 저류되는 지하수량이 약 700,000 m<sup>3</sup>로 평가되었다. 이 지하수댐은 석회암 지층에 적합한 시멘트 주입공법이 이용되었으며, 주입폭은 5m가 되도록 시공되었다. 주입결과  $5 \times 10^{-1}$  cm/s였던 지반이  $3 \times 10^{-5}$  cm/s로 개량되었으며, 일일 14,400톤의 양수능력을 갖는 시설물이 설치되었다. 댐 시설 이전의 평균 지하수위에 비해, 풍수기에는 약 15m, 갈수기에도 약 10m 정도 상승하여 지하수 이용이 현저히 증대되었다.

## 3)

국내의 경우, 1981년도의 한해 대책으로 지하수법에 대한 검토가 수행되어, 경상북도 상주군 이안면 양범리 일대의 농업 용수 공급을 목적으로 최초의 지하수법인 이안법이 건설되었다(농어촌진흥공사, 1985a; 농어촌진흥공사, 1996). 이후에도 충남 옥성 지구, 경북 남송 지구, 전북 고천 지구, 전북 우일 지구에서의 농업용수 확보를 위한 시공, 생활 용수의 취수를 위해 지하수법이 활용된 사례로, 해수 침입 방지 및 지하수 함양을 위한 강원도 속초 쌍천에 설치된 취수 시설(속초시, 1998a; 속초시, 1998b; 도우엔지니어스, 1994; 농어촌진흥공사, 1985b; 농어촌진흥공사, 1985c; 농어촌진흥공사, 1985d; 농어촌진흥공사, 1992) 및 제주도 조천 지역의 사례를 들 수 있다.

- 강원도 속초시 쌍천 지구 지하수법 : 본 지구의 지하수 함양률은 평균 22 % 정도로 다소 높은 편에 속하며, 속초 기상대의 자료를 근거할 때, 연평균 강수량은 1,310 mm 이다. 쌍천 지구는 속초시의 가장 주요한 급수원으로 현재, 일일 기준 약 27,000톤의 수원 공급을 수행하고 있으며 95년부터 98년까지 800m의 지하 차수벽 이용 방식 지하수법을 포함한 4차의 공사가 수행되었다. 또한 추가증설에 대한 필요성이 대두되어 1998년에 지하수 추가 개발을 위한 연구용역이 수행되어 추가적인 지하 차수벽의 증설 여부 등이 검토되었다(속초시, 1998a).

1992년 최초 조사부터 일일 43,000톤의 수자원을 공급하기 위해 투입된 개략적인 총 사업비는 약 160억원 정도이며, 확보 수자원의 수질 측면에서도 매우 긍정적인 결과를 보여주고 있다. 차수벽의 연장길이는 800 m, 굴착폭은 80 cm, 굴착심도는 연암선 이하 0.5 m 까지로 최소 3.5 부터 최대 26.8 m의 범위를 갖는다. 차수벽 시공 방식은 시멘트와 벤토나이트의 혼합 슬러리(slurry)를, crumshell로 굴착한 절토 부위에 주입하여 벽을 형성하는 방식(CBSW 방식)이 적용되었으며, 차수벽 시설공사와 관련되어 투입된 사업비는 약 45억원 내외이다(도우엔지니어스, 1994).

- 경상북도 상주군 이안 지하수법 : 본 지하수법 사업과 관련된 주요 사업 내용은 지하 차수벽, 취수공, 양수시설 및 평야부의 용수선 등을 포함한다. 준공 당시(1983)의 총 사업비는 약 7억원 정도가 소요되었으며, 이는 소비자물가 지수를 감안하여 1999년 현재를 기준 할 경우 (한국은행 발표 1995년 소비자물가지수 100에 대한 대비 1983년 물가지수 54.3 및 1999년 물가지수 118.7 적용) 약 15억원 정도로 추정된다. 지하차수벽은 총 230 m로 이 중 194 m 구간에 대해서는 SGR 공법(특수약액 주입공법)이, 36 m 구간에 대해서는 콘크리트 타설 공법이 적용되었다. SGR 공법에 의한 차수 처리는

---

약  $2.5 \times 10^{-1}$  cm/s의 투수계수를 갖던 지층을 약  $3.9 \times 10^{-5}$  cm/s의 지층으로 개량하는 효과를 보여주었다. 콘크리트 타설공법이 시행된 구간은 기반암까지 완전 절개한 후 두께 30 cm, 평균심도 5 m의 콘크리트벽이 구축되었다. 취수공은 내경 3.5 m, 외경 4.0 m, 심도 약 7.5 m의 방사 집수정이 4개소 및 직경 8인치의 정호 3개공으로 구축되었다. 방사 집수정의 수평공은 집수정당 최소 6개에서 최대 20공이 시공되었으며, 4인치 수평 착정기(TOP-MB형)에 의한 수평착정 후, 2.5인치의 pvc 스트레나 집수관이 삽입되는 형식을 가지고 있고 일일 취수량은 24,000톤이다(농어촌진흥공사, 1996).

- 경상북도 영일군 남송 지하수댐 : 본 지하수댐 사업과 관련된 주요 사업 내용은 지하 차수벽, 방사 집수정, 양수 시설, 관수로 및 온수시설을 포함하고 있다. 설계 당시의 총 사업비는 약 13억원 정도가 소요되는 것으로 평가되었으며(농어촌진흥공사, 1985b), 소비자 물가 지수를 감안하면 1999년 현재를 기준할 경우 약 27억원 정도에 해당된다. 지하 차수벽은 총 89 m로 연장 길이가 깊지 않지만 심도가 약 12~23 m 정도로 깊은 편에 속하며, 시공방법은 시멘크와 물유리를 혼용하여 주입하는 그라우팅 방법이 적용되었다. 방사상 집수정은 4개소, 수평공은 총 56공, 직경 100 mm, 총연장 길이 2,058 m 이며, 일일 취수량은 27,000톤으로 설계되었다.
- 충청남도 공주시 옥성 지하수댐 : 본 지하수댐 사업과 관련된 주요 사업 내용은 지하차수벽, 방사집수정, 양수시설, 관수로 및 온수시설을 포함하고 있다. 설계 당시의 총 사업비는 약 13억원 정도가 소요되는 것으로 평가되었으며(농어촌진흥공사, 1985c), 소비자 물가 지수를 감안하면 1999년 현재를 기준할 경우 약 27억원 정도에 해당된다. 지하차수벽은 총 482 m로 일일 취수량 27,900톤에 비해 다소 긴 연장 길이를 갖는다. 지하차수벽에 대한 시공방식은 시멘트 주입제에 의한 그라우팅 공법이 적용되었으며, 4개의 방사집수정에 대해 직경 65 mm, 총연장 1,812 m의 75개의 수평공이 설계되었다.
- 전라북도 정읍군 고천 지하수댐: 본 지하수댐 사업과 관련된 주요 사업 내용은 지하차수벽, 방사집수정, 양수시설, 관수로 및 2개소의 온수시설을 포함하고 있다. 설계 당시의 총 사업비는 약 12억원 정도가 소요되는 것으로 평가되었으며(농어촌진흥공사, 1985d), 소비자 물가 지수를 감안하면 1999년 현재를 기준할 경우 약 26억원 정도에 해당된다. 지하차수벽은 총 192 m이며, 철근콘크리트 방식 차수벽으로 설계되었다(농업진흥공사, 1985d). 계획된 일일 취수 용량은 25,110톤이었으며, 4개의 방사집수정에 대해 직경 100 mm, 총연장 2,368 m의 64개의 수평공이 설계되었다.

- 전라북도 정읍군 우일 지하수댐 : 본 지역의 지하수댐은 99ha 물리 면적에 대한 용수 공급을 위해 수행되었다. 충적층의 평균 두께는 6.5 m 정도로 발달이 저조하며, 투수량 계수는 평균 133 m<sup>3</sup>/day로 조사되었다(농어촌진흥공사, 1996). 본 지하수댐에 대한 정확한 사업 내용은 본 연구에서 조사하지 못하였고 4개의 방사집수정, 778m의 지하차수벽 등이 포함되었으며, 일일 취수 용량은 16,200톤으로 계획되었다.

## 5.

충적층 지하수에 대한 대량 개발을 위해서 가장 우선되어야 하는 과제는 투수 계수가 10~10<sup>-1</sup> cm/s 정도를 가지며, 포화 대수층의 두께는 적어도 5 m 이상을 꾸준히 유지 할 수 있는 지층이 필수적이다. 이러한 지층을 가진 충적층에 대해서는 다양한 방법의 지하수 인공함양의 적용이 가능하지만 단순 강변 여과 방식만으로는 대규모 지하수 개발에 한계가 있을 것으로 판단된다. 즉, 강변 여과 방식의 취수 이외에 보다 적극적인 인공 침투지, 강제 주입 정호 이용 등의 방법이 동원되어야 하며, 이러한 여러 방법의 순서 조합 및 운영은 적어도 선정된 지역에서 수년간의 실질 운영을 통한 시행 착오, 문제점을 발견 개선하여 최적의 방법을 이끌어 내는 것이 바람직하다.

지하수댐을 이용한 지하수 활용 증대 방식 중에 또 다른 가능성은 분지형 충적층 및 석회암 지역에 대한 지하 저장 방식 도입을 생각할 수 있다. 분지형 충적층 이용 방안은 분지형으로 발달된 충적층의 하류부 끝단에 지하수댐을 건설하여 전체 분지형 충적층을 지하수 저장고로 활용하는 방식으로 가장 효율적인 지하수댐의 형태를 보일 것으로 판단되나 국내 충적층 발달 상태가 주로 하천을 따라 발달하는 특성과 분지형 충적층 지역이 주로 인구 밀집지역이라는 단점을 갖고 있다.

현재 가장 가능성 있는 개발 방식은 이 들 유출 지하수의 경로를 추적하여 이 경로의 일부를 차단하는 지하 차수벽을 이용한 지하수댐을 통해 이들 지하수를 저장하였다가 사용하는 방식이 있다. 그러나 이 경우, 지하수가 충분히 저장되기 위한 공극이 지하매체에 형성되어있어야 하므로 수문지질학적으로 높은 공극을 보이는 제4기 충적층, 제3기 미고결 지층, 석회암 및 현무암 지역 등의 지질조건에서만 가능할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 주로 동해안 지역에 대해서 집중적인 연구가 수행되었으나, 남해안과 서해안에서도 비슷한 접근 방식에 의한 유출 지하수 조사 및 이를 활용하는 방법이 검토될 경우, 충분히 새로운 지하수 활용 방안으로써의 가능성이 있다고 사료된다.



---

### 3

인공함양 방식은 단순 유도 방식인 강변 여과를 비롯해 인공 침투지 방법, 정호를 통한 주입 방법 등을 분석하였으며, 외국 문헌에서 소개된 대부분의 예제 혹은 실제 사례의 대수층 특성에 비해 국내 하천변을 따라 발달한 충적층의 대수층 특성은 투수성 및 대수층 발달 분포면에서 불리한 것으로 나타났다. 국내의 경우 대수층이 하천변 수백 내지 수천 미터에 국한되어 발달되어 있는데 반해, 외국의 경우는 수십 내지 수백 킬로미터의 대수층 발달 상태를 보여 그 차이가 엄청남을 알 수 있다. 그러므로 국내 충적층 대수층을 이용한 인공함양 방법은 주로 하천을 따라 길게 분포하는 형태를 유지하는 것이 중요하며, 단순한 강변 여과 방식만을 통해서만 일일 수 십만 톤 용수 공급은 매우 어려운 문제인 것으로 판단되므로 단순 유도 방식 인공함양 이외의 강제적인 인공 침투, 정호 주입, 지하수댐 등을 활용하여야 할 것으로 보인다.

현재까지 국내에서 수행된 인공함양 관련 조사는 주로 하천변에서 정호를 통해 취수하는 강변 여과 방식들이 대부분이며, 이러한 유도 방식 함양만을 이용한 경우, 특별한 이점을 보여주고 있지 못하다. 이에 반해, 하구에 설치된 지하수댐을 통한 충적층 지하수 취수인 강원도 속초시의 쌍천 지역 지하수 개발은 매우 뚜렷한 효과를 보여주고 있다. 이처럼 하천 하구에서의 지하수댐과 연계된 강변 여과 방식은 수량확보는 물론이고 수질 개선 효과, 염수 침입 억제 효과 등을 보여주므로 추후 꾸준히 검토될 필요가 있다.

동해안에서 수행된 해안 유출 지하수에 대한 연구 결과는 유출 지하수의 경로를 추적하여 이 경로의 일부를 차단하는 지하 차수벽을 이용한 지하수댐을 통해 이 들 지하수를 저장하였다가 사용하는 방식을 들 수 있다. 본 연구에서는 주로 동해안 지역에 대해서 집중적인 연구가 수행되었으나, 남해안과 서해안에서도 비슷한 접근 방식에 의한 유출 지하수 조사 및 이를 활용하는 방법이 검토될 경우, 충분히 새로운 지하수 활용 방안으로써의 가능성이 있다고 사료된다.

이밖에도 현재 꾸준히 검토되고 있는 지표수-지하수 연계 방안의 체계적인 분석, 건설교통부 주관하에 수행되고 있는 정밀 수문지질도 조사 사업에 따른 성과물인 국내 대수층 정밀 분포 특성 자료가 축적되면 이에 대한 분석을 통한 중규모 이상의 지하수 개발 방식이 검토 될 수 있으리라 기대된다.

&lt; &gt;

건설교통부, 1998, 한일국토계획분야협력회의, 지하수보전과 적정한 이용에 대하여, 수자원분과 회의자료 (미발간자료)

국립수산진흥원, 1997, 해양관측연보.

농어촌진흥공사, 1985a, 이안지하댐 사후평가조사 보고서, 143p.

농어촌진흥공사, 1985b, 남송지구 지하댐 설계요약 (미발간자료)

농어촌진흥공사, 1985c, 옥성지구 지하댐 설계요약 (미발간자료)

농어촌진흥공사, 1985d, 고천지구 지하댐 설계요약 (미발간자료)

농어촌진흥공사, 1992, 속초시 지하수 개발 조사 보고서, 47p.

농어촌진흥공사, 1996, 소유역지하댐 개발에 관한 기술개발 연구, 421p.

대한지질학회, 1999, 한국의 지질, 시그마프레스.

도우엔지니어스, 1994, 속초시 상수도 취수원 개발공사 기본 및 실시 설계, 214p.

속초시, 1998a, 속초시 쌍천 취수원 개발에 따른 수리지질연구 용역 보고서 (실험보고서 포함), 361p.

속초시, 1998b, 속초시 상수도 확장계획.

창원시, 1997, 창원시 강변여과수개발 타당성조사 보고서, 322p.

한국수자원공사, 1995, 하상퇴적층의 수리특성을 이용한 취수원 활용 시범조사 보고서, 300p.

한국수자원공사, 1996, 하상퇴적층 여과방식에 의한 금강수도 취수개선방안 조사·연구, 183p.

한국수자원공사, 1999, 강변여과 및 인공함양법을 이용한 영산강 수원개발 기본조사보고서, 741p.

환경부, 부산광역시, 경상남도, 1996, 부산·경남지역 복류수 및 강변여과수개발 타당성조사 보고서(실험보고서 포함), 788p.

石崎勝義, 1977, 지하저수지에 의한 수자원 개발, (일본) 토목기술자료집, Vol. 19, No. 9.

赤井浩一, 1983, 중구 협서성 부평 지하댐 시험공사에 대하여, (일본) 토와 기초, Vol. 31, No. 3.

Ambroggi, C. G, and Hanor, J. S., 1978, Underground reservoirs to control the water cycle, Ground Water, p.158-166.

Chang, N.-B., 1994, Strategic evaluation of remediation of seawater intrusion by wastewater recharge in Kaohsiung coastal area in Taiwan, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p. 471-480

- 
- Cluer, B. L., 1989, Storage basin volume and Drainage basin dynamics, Camas Prairie, South Idaho, Ground Water, p.323-332.
- Dillon, P. J., Pavelic, P., Gerges, N. Z., Armstrong, D., and Emmett, A., J., 1994, Stormwater injection effects on groundwater quality in south Australia, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p.426-435.
- Guttman, J., 1994, Artificial recharge to Isreal's carbonate aquifer, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p. 751-760.
- Hanson, G. and Nilsson, A., 1986, Groundwater dams for rural water supplies in developing contries, Groud Water, Vol. 24, No. 4, p497-506
- Huisman, L. and Olsthoorn, T. N., 1983, Artificial Groundwater Recharge, Pitman Press, 320p.
- Ishaq, A. M., Al-Suwaiyan, M. S., and Al-Sinan, A., 1994, Suitability of wastewater effluents to recharge groundwater aquifers in Saudi Arabi, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p.376-385.
- Lekander, K., Frycklund, C., Jacks, G. and Johansson, P., 1994, Artificial recharge in four water plants in Sweden, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p 848-857.
- Liu, P., Liu, Z., and Duan, Z., 1994, A case study on artificial recharge of groundwater into the coastal aquifer in Longkou, China, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p. 568-573.
- Markham, B. L., and Baker, J. L., 1986, Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures, Landsat Technical Notes, No. 1, EOSAT, p. 3-8.
- Molano, C., Bonilla, F., Mejia, J. and Rodriguez, C., 1994, Artificial recharge of the Santa Marta aquifer, Colombia, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p.446-454.
- Shaver, R. B. and Wucetich, J., 1994, An evaluation of injection well plugging from a ground-water heat pump system in Southeastern North Dakota, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p.720-729.
- Zhang, X. and Yan, B. 1994, Artificial recharge and quality variation in Shanghai, In Johnson, A. I. and Pyne, D. G. (eds), Artificial recharge of Groundwater, II, ASCE, p. 568-573.

# 2



(                    /                    /                    )

	1	/ 45
	2	ESSD / 46
3	.	/ 50
4		/ 60
5		/ 75
	6	/ 78
	7	/ 81
		/ 82

( / / )

# 1

환경보전에 대한 국민욕구의 증대로 환경가치를 고려하는 개발사업이 시대의 새로운 패러다임으로 대두되고 있다. 1992년 6월에 개최된 UN환경개발회의(UNCED)에서 리우선언과 함께 환경보전을 위한 Agenda21에서 채택된 환경과 조화된 지속가능한 개발(ESSD, Environmentally Sound and Sustainable Development)의 제시와 1999. 6월 정부에서 건설정책의 환경책임 및 술선수범의 필요성을 인식하고 “새천년 친환경 건설선언”으로 자연환경 보전, 쾌적한 생활환경 창조, 지구환경 보전의 3대 원칙과 실천강령 발표로 자연과 인간의 조화로운 공생을 모색하기 위한 환경정책으로 국민의 욕구를 충족시킬 수 있는 체계적이고 합리적인 방안을 마련할 필요가 있다.

최근 자연경관의 훼손과 환경오염 등으로 개발사업에 대한 국민 불신과 환경민원이 급증하고 있고, 수자원 환경보전에 대한 관심의 고조로 친수환경 제공과 인간 삶의 질(Quality of Life)을 충족시킬 수 있는 수자원 정책의 수립이 요구되고 있다.

환경친화적 건설사업이란 사업시행 지역의 자연생태적 특성과 지역 주민의 공감대를 바탕으로 한 인간과 자연이 공존공생하고자 하는 새로운 개발 개념의 움직임이라 볼 수 있다.

수자원개발은 홍수조절, 발전, 용수공급, 지역경제 활성화, 경관개선, 새로운 레크레이션 공간 창출 등 많은 효과에도 불구하고 수몰지 및 사업 구간의 생태환경에 큰 영향을 끼칠 수 있다. 특히 수자원 개발의 당위성을 강조하던 지금까지의 흐름과는 달리 수자원개발과 관리에 관련된 사회 환경적 여건들이 많이 변하고 있으며, 이와 관련하여 환경보전 및 복원에 대한 사회적 관심도 높아 지속가능한 개발과 관련된 많은 연구가 진행중에 있다.

그동안 우리나라는 지속적으로 수자원개발을 개발하여 왔으나, 2006년 4억㎡, 2011년 20

억<sup>3</sup>의 물부족이 발생할 것으로 예상되고 있으나, 범지구적 생태환경 보전이라는 전제로 인해 사업추진이 어려워짐에 따라 댐건설은 생태적 문제점을 생태적원리에 입각해서 해결하기 위한 기술적인 접근이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 새로운 패러다임으로 환경가치를 존중하고 댐건설이 생태환경에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 자연친화적 정책방향 제시와 자연과 인간이 어우러져 삶의 질을 증대시킬 수 있는 수자원개발 방안을 제시하고자 한다.

## 2

## ESSD

### 1.

우리나라에서 수자원개발을 전제로 하여 본격적으로 하천 조사가 시작된 것은 1910년대 초반 일제하이며 이를 계기로 하여 지금까지 약 90여년간 수자원에 대한 조사 및 개발사업은 끊임없이 계속되어 왔으며, 수자원 개발사업의 성격면에서 변천해 왔다.

이 기간을 5단계로 특정 지어보면 표 2.1과 같이 구분할 수 있으며, 60~80년대까지는 국가산업발전 및 용수량 확보를 위해 치수, 이수에 근간을 둔 댐 건설이 추진되어 왔다.

그러나, 90년 이후부터는 소극적이지만 댐 건설에 환경친화적인 면이 부가되어 추진되어 왔으며, 댐 주변에 거주하는 주민에게 휴식처 및 볼거리를 제공하여왔다.

그리고 향후 2000년대의 댐건설 방향은 생태환경보전을 중심으로 하여 인간과 자연이 어루어질 수 있는 환경친화적인 댐건설을 추진해야 할 것이다.

### < 2.1 >

'60

- 이수 위주의 수자원개발로서 농업용수 확보나 수력발전을 위한 단일목적댐 건설

'60

- 수자원종합개발을 위한 유역조사 활발기로서 건설이 중단된 남강댐, 섬진강댐을 재착수
- 소양강댐 착수 등 본격적인 다목적댐 개발시대 구축

'70~80	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이수 및 치수의 조화를 위해 대규모 다목적댐 건설</li> <li>· 안동, 충주, 대청, 합천, 낙동강하구둑 및 주암댐 건설</li> </ul>
'90	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 이수·치수·<b>환경보존</b> 및 중규모 다목적댐으로 전환개발</li> <li>· 부안, 밀양, 용담, 탐진, 횡성댐 건설</li> </ul>
2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>ESSD개념의 도입으로 자연과 인간이 어우러지는 개발사업의 추진과 국민의 공감대 형성 및 지역주민의 자연과 생활환경 가치 증대(삶의 질 향상)</b></li> </ul>

## 2. ESSD

### 1) ESSD

#### (1)

1950년부터 현재까지 약 40년간은 인류가 지구상에 출현한 이후, 가장 급속한 산업발전을 이룩하여 왔으나, 적지 않은 희생을 감수하여야 했다. 이로 인해서 인류가 갖고 있던 한정된 자원은 이용과 개발에 의해 파괴되어 인류의 미래까지 위협할 만큼 자연생태계가 악화되어감에 따라 자연과 인간의 조화로운 공생을 모색하여 인류의 지속적인 발전을 보장할 수 있는 이념으로 ‘지속가능한 개발(sustainable development)’이라는 새로운 패러다임이 대두된 것이다.

1992년 브라질 리우데자네이로에서 열린 ‘유엔 환경개발회의(United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)’는 지속가능한 개발 개념의 실질적인 의미를 제시하였다. 리우 환경회의는 향후, 지구환경 질서의 기본 원칙이 될 ‘리우선언’과 실천계획인 ‘Agenda 21’을 채택하고, 비로소 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD) 개념의 구현을 위한 지구환경질서의 기본규범이 제시되었으며, 몬트리올의정서(‘87. 9), 바젤협약, 생물다양성협약, 멸종동식물거래협약 등 환경보전을 위한 각종 국제환경협약 체결이 계속적으로 확산되었다. 또한 Green round의 대표적인 사례인 환경경영체제 인증제도(ISO 14000)가 ‘96년부터 실시되는 등 환경규제가 세계적으로 강화되었다.

#### (2)

우리나라는 1978년 자연보호헌장이 제정된 이후 국민들이 환경에 대한 욕구와 관심이 점차 증대되었으며 1996년 3월 21일에는 ‘국가의 모든 개발정책의 수행에 있어 『환경적으

로 건전하고 지속가능한 개발』을 기본원칙으로 삼겠다’는 대통령의 ‘녹색환경의 나라 건설’을 선언한 바 있다.

일방적으로 강조되어온 개발에 대한 반발로 마치 환경보전은 선이고 개발은 악인 것 같이 취급되는 현상이 근래에 나타나고 있는데, 궁극적으로 우리가 취해야 할 방향은 개발과 환경보존이라는 두 욕구를 충족할 수 있도록 균형 있는 추진을 강조하고 있다.

우리나라도 사회적인 ‘문제’를 해결하기 위해 ESSD개념을 실무에 도입하고자 노력하고 있으나, 현실적으로 ESSD개념 자체가 아직은 전문가의 이론적인 전유물일뿐, 행정기관이나 국민 사이에 보편적인 개념이나 실행지침으로 자리 매김을 하고 있지 않기 때문이다. 다시 말해 ESSD 개념에 의한 수자원 개발은 실천적 의지와 실질적인 수행지침이나 시스템에 의한 방법론이 제시될 때 실효성을 거둘 수 있음을 상기할 필요가 있다.

## 2) ESSD

환경적으로 건전하고 지속가능한 개발은 ‘다음 세대들이 그들 자신의 수요를 만족시키기 위한 능력을 저해시키지 않고 현재의 수요를 충족시킬 수 있는 개발’이라고 정의된다. 다른 각도에서 설명하면 개발로 인한 경제·사회적 성과가 중단되지 않고 다음 세대까지 계속되어야 하고, 개발로 인한 환경영향도 악화되지 않아야 한다는 것이다.

ESSD의 개념에 흐르는 기본적인 요체는 첫째로 환경의 수용능력(Carrying Capacity)에는 한계가 있다는 것이고, 둘째는 세대간 공평성의 문제로서 현 세대가 자연자원의 수용능력을 과다하게 사용하면 다음 세대에 피해를 주므로 그들에게 피해를 주지 않을 한도 내에서 현 세대가 사용하여야 한다는 것으로 표현이 된다고 할 수 있다. 상기에서는 경제성장과 ESSD가 양립하기 어렵게 보인다. 그러나 충분히 넓게 보고 길게 보면 두 개념은 양립할 수 있다. 이점에 대해서 WCED(1987)의 정의는 분명하다. 경제성장의 질이 다음 세대의 요구를 만족시킬 수 있는 방향으로 개선된다면 ESSD와 경제성장은 양립할 수 있다는 것이다.

즉, 개발사업의 목표를 생태적 지속가능성과 경제적 지속가능성을 동시에 만족시킬 수 있는 방안의 마련되어야 하고 지속적 연구와 노력이 필요하다.

수자원 개발사업은 지역이나 국가의 경제·사회개발을 목적으로 추진되어 왔다. 그러나 이러한 대명제가 옳다 하더라도 수자원개발이 반드시 개발에 관련된 모든 지역과 부문을 만족시킬 수는 없다는 것이다. 특히, 힘없고 약한 집단이나 사회는 수자원개발로 인해 오히려 커다란 짐이 될 수 있다. 또한, 댐 개발은 필연적으로 하천 계곡 및 주변지역의 수몰을 초래하며, 이는 생태 입장에서는 바람직하지 못한 현상이며, 이러한 괴리를 극복하고 지속

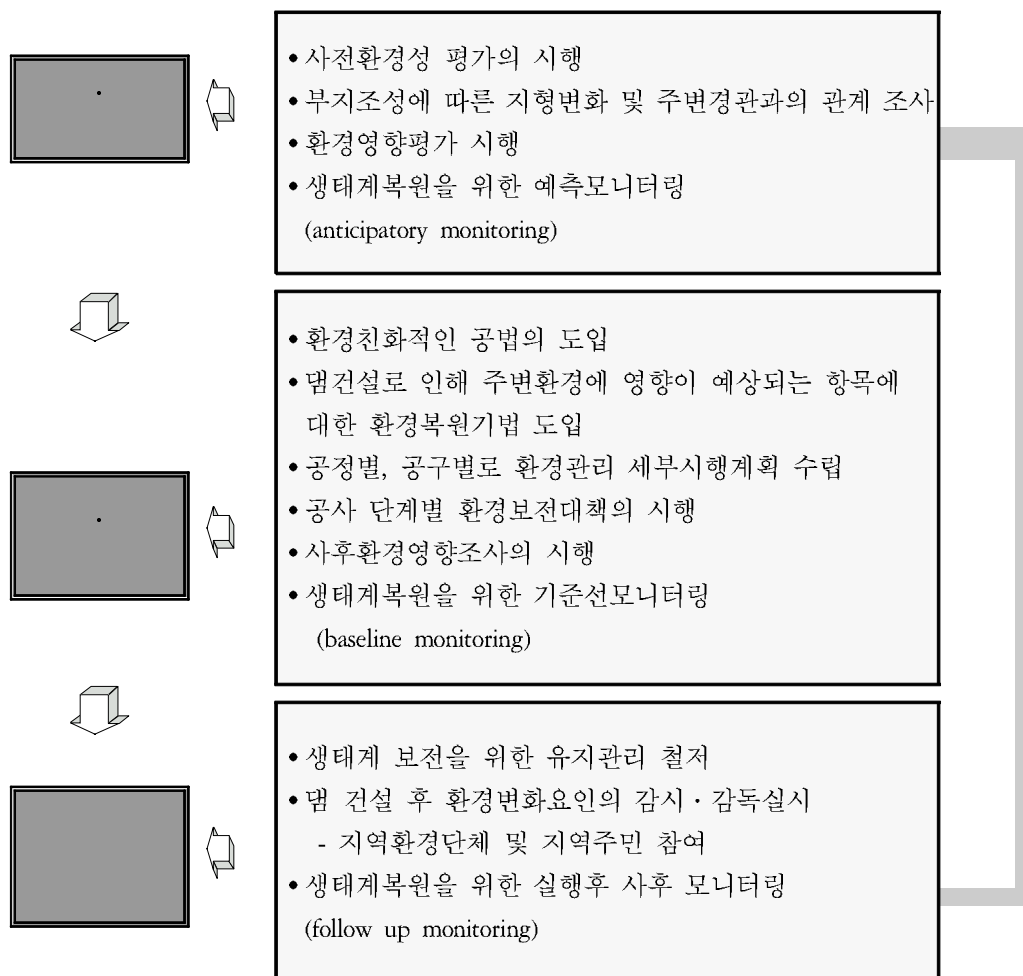


가능한 개발을 위해서는 ESSD의 구체화 방안으로 환경친화적인 댐건설을 추진하여야 한다.

### 3)

환경친화적인 수자원개발을 위한 기본방향은 자연환경훼손을 최소화하고, 자연자원 활용의 효율성 최대화, 주변생태계 유지와 복원 철저 및 사회적, 문화적 및 역사적인 특수성을 최대한 고려하기 위함이다.

이를 위해서는 조사계획단계부터 기본설계, 실시설계 및 유지관리단계까지 환경친화적인 설계기법을 도입하여, 주변 생태계의 유지와 복원, 주변 자연의 특성과 대상지역의 사회적, 문화적, 역사적 특수성을 고려한 개발과 보전의 조화를 이룰 수 있는 계획을 수립하여야 한다.



( 2.1)

## 3

## 1.

댐의 건설은 생태계를 파괴하는 사업이 아닌 새로운 생태계를 창조하고 복원하는 사업임을 인식시킬 수 있도록 자연복원 시스템을 도입하고 자연은 무한재가 아니라 유한재라는 인식을 갖고 국토의 환경용량을 고려한 자연생태적 측면을 추가하여 지속적으로 댐을 건설할 수 있는 분위기를 조성하여야 한다.

나아가 주변의 자연환경과 조화되고 지역의 향토문화를 접목시킨 환경친화적인 건설개념을 도입하고 기능 위주의 제약성에서 탈피하여 지역발전의 계기가 되는 기회로 활용하는 인식의 전환이 필요하다.

구체적인 실천전략으로는 환경의 용량을 감안한 댐 건설계획 수립 추진, 환경피해를 최소화할 수 있는 건설시스템으로의 접근, 환경과 경제를 통합한 Green GNP의 도입과 계획수립시 철저한 환경영향평가의 이행, 환경친화적 개발계획 수립, 기초환경시설의 적절한 공급과 자연의 자정능력을 활용한 수질개선기술을 도입함으로써 실현 가능할 것이며, 이러한 인식 아래 다음과 같이 댐건설의 기본방향을 설정한다.

- 댐건설에 의한 자연환경 훼손의 최소화
- 자연자원 활용의 효율성을 최대한 높일 수 있는 대안의 선정
- 주변생태계의 유지와 복원을 위한 대책 마련
- 주변자연의 특성과 대상지역의 정서를 고려한 경관 조성
- 자연환경에 쉽게 접근하여 활동할 수 있는 공간 제공
- 2차적인 자연훼손 및 환경오염 예방을 위한 대책 마련

## 2.

## 1)

## (1) UNESCO MAB : core-buffer

UNESCO MAB(Man and the Biosphere Programme)의 Biosphere Model은 간단하면서도 유용성이 높아 자연생태계 보전지역 설정, 관리지역 설정 등에 많이 사용하고 있다. 이 모형은 보

전등급 및 이용 행태에 따라 핵심지역(Core Area), 완충지역(Buffer Area), 전이지역(Transition Area)으로 구분한다.

또한 이 모형은 핵심지역의 수에 따라 단핵모형, 다핵모형으로 구분하며 핵심지역, 완충지역, 전이지역의 세가지 zoning 유형 중 완충지역의 설정이 상당히 중요한 의미를 지닌다. 외부로부터 부정적 영향이 직접적으로 미치는 것을 사전에 예방하며 보전과 동시에 이용성의 제고라는 측면에서 생태계를 유지할 수 있는 역할을 한다.



( 3.1) UNESCO MAB ( , , )

### < 3.1> Zoning

핵심지역 (Core Area)	<ul style="list-style-type: none"> <li>생물다양성의 보전과 최소한으로 교란된 생태계의 모니터링, 파괴적이지 않은 조사연구와 영향을 적게 주는 이용(예: 교육) 등을 할 수 있는 엄격히 보호되는 하나 또는 여러 개의 장소</li> </ul>
완충지역 (Buffer Area)	<ul style="list-style-type: none"> <li>핵심지역을 둘러싸고 있거나 그것에 인접해 있으면서 환경교육, 레크레이션, 생태관광, 기초연구 및 응용연구 등의 건전한 생태적 활동에 적합한 협력활동을 위해 허용되는 곳</li> </ul>
전이지역 (Transition Area)	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 농업활동과 주거지, 기타 다른 용도로 이용되며 지역의 자원을 함께 관리하고 지속가능한 방식으로 개발하기 위하여 지역사회, 관리당국, 학자, 비정부단체(NGOs), 문화단체, 경제적 이해집단과 기존 이해당사자들이 함께 일하는 곳</li> </ul>

#### (2) 가 가

생태계의 보전 가치를 평가하는 것은 궁극적으로 생물 다양성을 이룩하기 위한 것이라 할 수 있다(Spellerberg, 1992 ; Cox, 1993 :284). 생물 다양성은 종 뿐만 아니라 유전학적인 다양성, 군락의 다양성, 서식처의 다양성, 생태계의 다양성 등 다양한 위계에서 측정될 수 있다.

보전계획의 수립시에는 다양한 차원에서 계획이 이루어져야 하는데, 이는 생태계가 단일요소가 아닌 복합적인 물리적, 생태적 요소들간의 상호작용으로 이루어지기 때문이다. 미국 Superior 호수유역 내의 주요한 서식처 파악 및 평가를 위해 생태계, 군집, 종 등 3가지 차원에서 접근을 하고 이3가지 차원에서는 각각 다른 평가기준들을 적용하였다. 생태환경을 평가하기 위한 기준은 매우 다양하게 나타나며 일반적으로 생태적 개념인 회복성, 저항성, 연결성, 우세권 등이 생태계 차원에서는 주요한 인자로 제안되나, 이들은 정량화하거나 현실적으로 적용하는데 어려움이 있다(Costanza et al, 1992).

생태계 보전가치를 평가하는 항목은 매우 다양하게 나타나는데, 희귀성, 풍부성, 자연성, 전형성 등은 매우 널리 사용되는 기준들이다(Spellerberg, 1992: 26-50). 서식처의 평가에서 식물과 동물종은 생물학적 평가 요소로서는 가장 정확한 요소라고 할 수 있다(Costanza et al(ed.), 1992:231). 종의 차원에서와는 달리 군락과 서식처의 차원에서는 종간의 유전학적인 다양성과 적절한 군락과 경관의 다양성도 평가의 요소로 고려된다(Costanza et al(ed.), 1992). 종의 측면에서 보전가치를 결정하는 경우는 희귀한 종이나 멸종위기에 처한 종 등이 기준으로 사용되며, 희귀성은 대개 전문가의 판단에 의존하여 결정한다(Kljin(ed.), 1994: 230).

### < 3.2 >

독특한 지형적 특성	주변지역이나 국가적으로 독특한 지형적 특성이 나타나는 지역
주요한 생태학적 기능	생태계에 있어 각 생태계간의 연결이나 야생동물의 서식에 있어 주요한 서식처
주요한 서식처	지방차원에서 주요하거나 독특한 식물이나 동물의 군락이 있는 곳
희귀한 서식처	희귀하거나 없어질 위기에 있는 서식처
다양성	종이나 군락 또는 지형, 서식처가 다양한 곳
희귀종	멸종 위협에 처한 자생종이 서식하는 곳
면적	넓은 면적의 서식처
잠재적 가치	환경교육이나 연구에 유용한 지역
미적 가치	경관적으로 뛰어나 시각적인 미가 높은 곳

< 3.3> Superior

생태계차원 (Landscape scale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 면적/파편화되지 않은 곳</li> <li>◦ 국가적 보전지역으로 지정된 곳</li> <li>◦ 수령이 오래된 산림</li> <li>◦ 연안해안, 연안 습지생태계</li> <li>◦ 생물학적, 생태학적으로 다양한 곳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 면적, 연결성</li> <li>◦ 대체성</li> <li>◦ 다양성</li> </ul>
군락차원	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 희귀군락 또는 위협에 처한 군락</li> <li>◦ 희귀 식물이나 희귀 서식처</li> <li>◦ 대표적인 군락</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 희귀성, 위협성</li> <li>◦ 대표성</li> </ul>
종차원	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 위협, 허약, 희귀종</li> <li>◦ 조류의 서식처</li> <li>◦ 양서파충류의 산란장소</li> <li>◦ 인간의 영향을 완화시킬 수 있는 지역</li> <li>◦ 생태학적으로 주요한 역할을 수행하는 종의 서식처</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 희귀성, 위협성</li> <li>◦ 각 종의 서식처를 구성하는 인자</li> </ul>

UNESCO는 MAB(Man and Biosphere Reserve)의 원리를 적용하여 보전지역을 설정하기 위해 핵심지역 관리를 위해 완충지역과 전이지역을 설치하도록 권고하고 있다.

< 3.4> UNESCO MAB

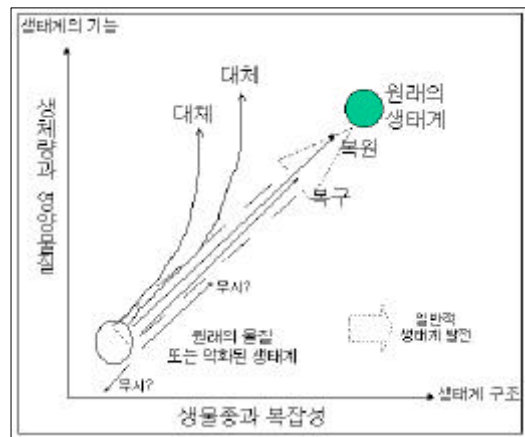
가 ,

		가	
핵심지역 (Core Area)	희귀종, 고유종 멸종 위기종이 다수 분포하고 있으며 생물다양성이 높고 학술적 연구가치가 큰 지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 희귀종, 고유종, 멸종위기종이 많은 곳</li> <li>◦ 생물다양성이 높은 곳</li> <li>◦ 자연생태계가 원시성을 유지하고 있거나 자연자원이 풍부하여 학술적 연구가치가 높은 곳</li> <li>◦ 각종 다양한 생태계를 대표할 수 있는 지역</li> </ul>	- 모니터링
완충지역 (Buffer Zone)	핵심지역 이외의 보전이 필요한 지역으로 핵심지역의 보호를 위해 필요한 지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 핵심지역 이외의 보전이 필요한 지역</li> <li>◦ 핵심지역의 경관보호를 위하여 필요하다고 인정되는 지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구소와 실험연구</li> <li>- 교육 및 레크리에이션</li> <li>- 관광 및 휴식</li> </ul>
전이지역 (Transition Area)	핵심구역 및 완충지역 이외의 인접지역으로 핵심지역의 보호를 위해 필요한 지역으로 지역발전에 이바지 할 수 있는 지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 핵심구역 및 완충지역 이외의 인접 지역</li> <li>◦ 핵심지역 및 완충지역의 관리를 위하여 필요한 지역</li> <li>◦ 생태계 보전지역의 적절한 관리를 위해 필요한 지역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인간거주지역</li> <li>- 관광 및 휴식</li> </ul>

## 2)

생태복원은 자연적이거나 인위적원인으로 훼손되거나 파괴된 중요한 서식처나 생물종을 훼손 이전 상태 또는 유사한 상태로 되돌리는 것을 의미한다. 기본적으로는 외부의 영향에 의한 변화 이전에 단계로 돌아가는 것을 의미한다. 그러나 변화의 정도와 현재의 조건 등에 따라 복원의 목표가 달라질 수 있으며 이러한 복원목표에 따라 다시 여러가지 유형과 단계로 구분될 수 있다

그림에서 나타난 바와 같이 본래의 의미의 복원(restoration)은 교란 이전의 원 생태계의 구조와 기능을 회복하는 목표를 갖는다.



( 3.2)

복구(rehabilitation)는 완벽한 복원이 아니라 원래의 자연 생태계와 유사한 수준으로 회복하는 것을 목표로 한다.

마지막으로 대체(replacement)는 원래의 생태계와는 다른 구조를 갖는 동등 이상의 생태계로 조성하는 것을 말한다.

실제 건설사업에서 복원이나 복구의 수준으로 회복하는 것은 기술적으로 어려운 경우가 많으며 일반적으로는 대체 생태계의 조성을 목표로 하는 경우가 많다.

댐이 건설된 하천의 복원은 일반적으로 하천을 하나의 코리더로 보고, 물이 있는 곳에서부터 주변지역을 포함하여 복원계획을 수립한다. 하천은 생태네트워크를 구축하는데 있어서 강과 함께 중요한 선적요소로 작용하여, 이 서식처들은 중요한 면적 서식처들을 연결하는 구실을 한다.

생태계 복원에서 우선적으로 고려되어야 할 것은 주변 환경에 대한 정확한 분석과 이해

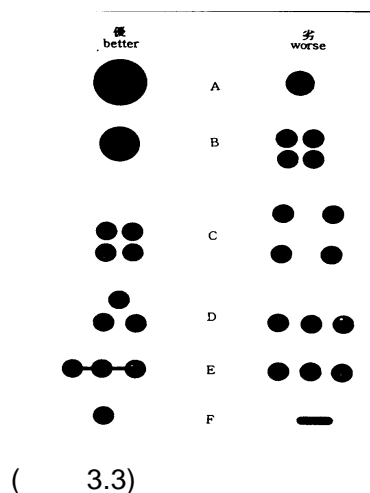
라고 볼 수 있다. 즉, 서식처의 유무, 전반적인 환경 조건 등에 따라서 복원될 서식처의 유형과 규모, 형태, 특성 등이 결정되기 때문이다. 다음은 생태네트워크의 문제로 야생동물의 이동경로와 이동범위 및 한계 등을 고려하여 적지적소에 조성되는 서식처들은 생태적 연결성을 확보하게 되어 풍부한 야생생물이 서식하고 휴식할 수 있는 공간이 될 수 있다.

### 3)

#### (1)

경관은 patch, corridor, mosaic, matrix 등의 요소로 구분할 수 있으며, 단위 생태계를 보전하거나 창출하는 경우 종의 멸종위기를 최소화하거나 평형종 수를 극대화하기 위해 다음 6가지 원리를 적용한다.

- : 클수록 종 보존에 효과적 같은 크기인 경우 큰 단위공간 하나가 작은 공간 여러개보다 효과적
- : 인접한 공간이 가까울수록 효과적
- : 여러개의 공간이 직선적으로 배열되는 것보다 같은 거리로 모여 있는 것이 효과적
- : 서로 떨어진 공간을 이동통로로 연결하는 것이 효과적
- : 다른 여건이 같다면 길쭉한 모양보다 둥근 모양이 효과적



6가지 원칙에 대한 근거는 다음과 같다.

(1) 넓은 면적일수록 더 많은 종을 수용할 수 있고 멸종의 확률을 줄일 수 있다.

- (2) 자손 전파에 유리하다.
- (3) 공간 사이의 거리가 가까울수록 공간 사이의 이동 속도가 증가되고, 멸종위기에 직면했을 때 이웃으로 도피하기 쉽다.
- (4) 종의 이동 기회가 증대된다.
- (5) 종의 이입이 증가되고 멸종의 방지에 도움이 된다. 특히 정착종(내부종)을 위해 좋다.
- (6) 원형일수록 종의 이동거리가 가깝고 주변효과를 줄일 수 있다.

또한 경관 생태적 원칙은 패취(patch), 주연부와 경계(edges and boundaries), 통로와 연결성(corridors and connectivity), 모자이크(mosaics; pattern and scale) 등 네 가지로 구분하고 있다 (Dramstad et al., 1996).

패취는 크기와 수, 그리고 형태의 관점에서 구별되고 분석된다. 패취의 크기는 하나의 커다란 패취가 작은 패취로 나누어질 때, 개체수 및 주연부 종의 수가 증대되어 주연부에 부가적인 서식처를 형성해 주며, 상대적으로 내부의 서식처는 제거될 수 있다.

패취의 수는 하나의 패취를 제거하면 서식처 손실로 이어지고, 이는 종의 개체 크기를 감소시켜 결국엔 서식처의 다양성을 감소시킨다. 하나의 패취가 제한된 비율의 종을 포함하기 위해서는 4~5개의 대규모 패취가 요구된다. 대규모의 패취가 없는 상태에서의 많은 소규모 패취는 연계된 서식처로 집단화되어야 한다.

패취의 형태에서 곡선의 패취는 높은 비율의 주연부 서식처를 가지며, 동물 종수를 증가시키는 반면, 내부의 종수는 줄어든다. 곡선이 많을수록 외부와의 상호관계 또한 잦다. 최적의 패취형태는 일반적으로 자원을 보호하기 위하여 둥근 모양의 핵을 가진 우주선 모양이다.

주연부와 경계에서 주연부는 생태적 천이를 고려하는데 중요한 기회요인이 된다. 수직적 또는 수평적으로 다양한 구조로 된 식생 주연부는 야생동물의 서식처로 최적이다. 주연부의 폭은 바람의 방향과 햇빛에 노출되는 사면에 의해 결정된다. 이러한 주연부는 여과기능을 가지며, 패취 주위의 영향을 완화시킨다.

경계(직선 또는 곡선형)는 대부분의 자연적인 주연부는 복잡하고 부드러운 곡선의 형태를 취하고 있다. 직선 경계보다 곡선경계를 가진 주연부가 토양침식이 적고, 야생동물 서식처를 제공하여 더 많은 생태적 이익을 가진다. 통로와 연결성은 서식처의 네트워크화에 있어 매우 중요한 요소이다. 종의 이동통로에서 통로의 폭과 연계성은 통로의 기능인 서식처, 도관, 여과장치, 자원, 흡수 등의 기능조절에 가장 중요한 요소이다. 징검다리는 통로와 비통로 사이에서 패취와 패취를 연결시키며, 종을 이동시키는 장소로도 이용



---

된다.

모자이크는 인간활동에 의해 발생하는 토지이용의 변형으로 인하여 서식처가 분리된다. 하지만, 그 자체가 경관의 기능을 강조하기도 한다. 이러한 경관생태적인 특성들이 합리적으로 고려된 계획은 생태적 다양성을 증진시키는데 기여할 수 있다.

## (2)

시각적 선호는 시각적 환경에 대한 개인 혹은 일정집단의 좋음-싫음을 말하는 것이다. 시각적환경은 각성력이 있으며, 이러한 각성력에 따라 쾌락감이 초래된다. 쾌락감은 즐거움, 유쾌함 혹은 선호도를 포함하는 보다 일반화된 개념이며 인체의 오감을 통하여 들어오는 정보가 종합되어 나타난다.

오감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각) 중에서는 시각적 전달이 가장 주요한 역할을 하게 된다. 인간의 환경지각 중 87%가 시각에 의존하는 것으로 알려져 있다(Correy, 1983).

소리, 냄새 등이 환경의 미적 질을 좌우하는 특별한 경우를 생각할 수 있겠으나, 일반적으로는 시각적 전달이 환경의 미적 질을 좌우하는 주요 인자가 된다. 따라서, 시각에 의존하여 경관 선호분석이 이루어질 수 있다. 김귀곤 등(2000)의 연구 결과에 의하면 대체적으로 자연성이 우세한 곳이 시각적 선호도가 높으면서, 생태적 여건 또한 좋은 곳으로 볼 수 있다. 생태적 다양성이 높은데도 불구하고 시각적 다양성이 낮은 곳은 해당 사진이 파노라믹한 내용이 아닌 부분적인 경관이며, 주된 이유는 계절의 영향을 받은 것으로 파악된다.

자연지역과 도시지역을 동시에 선호도 분석을 하였을 때, 상대적으로 도시지역이 10점 중 5점 이하의 분포를 보였으며, 자연지역의 경우 풍부한 식생을 경험할 수 있는 대상지의 선호도가 10점 중 5점 이상을 차지하였다. 시각적 선호도가 높지만 생태적 다양성이 낮은 곳은 주변의 생물환경여건이 좋지 못한 대상지가 많았으며, 시각적·생태적 점수가 모두 낮은 경우는 도시내 자연공간이 대부분이었다. 즉, 보기 흉한 인공구조물의 차폐정도가 낮거나, 자연을 단절시키는 인공이 되거나, 마이크로한 측면의 도시내 경관지 등으로 나타났다.

## 4)

사례고찰에서는 이론고찰을 통해 도출된 보전 및 복원 전략을 실제 댐건설에 적용된 사례연구를 수행함으로써 이론의 실제 적용가능성을 고찰하고 발전방안을 모색하였다. 본 연구에서 분석한 댐 건설 사례지는 1) 부안댐 2) 보령댐 3) 용담댐 4) 밀양댐 5) 횡성댐

6) 탐진댐 등이다. 이들 6개 댐에 적용되었거나 적용될 예정인 생태보전 및 복원 개념은 다음과 같이 도출되었다.

< 3.5> 6

		1)	2)	3)	4)	5)	6)
생태계보전	수림대 식생 및 생태계 보전	○	○		○		○
	자생수목 이식	○	○	○	○	○	○
	식생군집 및 생태계 이전	○	○				○
생태계복원	댐하류사면 식생 복원		○	○	○	○	○
	암절개 비탈면 식생 복원			○	○	○	○
	채석장 등 훼손지 복구				○		○
	어도 조성						
	생태통로 조성			○		○	○
	자연형 하천 및 계류 조성			○	○		○
생태계 창출	인공습지 조성			○			○
	생태공원 및 자연학습원조성	○		○			○
	생태연못 조성			○			
	생태숲 조성						○
	서식지 조성						○
친수환경	친수호안 조성			○	○		○
	댐방류수 이용 친수시설 설치	○			○		
경관 및 역사문화	댐경관설계						
	지역이미지 적용			○			○
	역사문화 공간 조성			○	○	○	○
기타	향토 자연 재료 사용	○	○		○	○	○
	투수성 포장재 사용		○	○			
	표토 재활용		○		○		
	벌채목 이용 우드칩				○		
	생태계 변화 모니터링	○					

5)

이론 및 문헌고찰, 국내외 사례 고찰을 통해 도출된 생태계 보전 및 복원 방안은 다음과 같이 설정하였다.

< 3.6 >

생태계 보전	자생식생 및 생태계 보전 자생식생 및 생태계 이전	수림대 식생 및 생태계 보전	○	○	
		서식지 보전	○		
		자생수목 이식	○	○	
		식생군집 및 생태계 이전	○	○	
생태계 복원	훼손된 생태계 복원	저수지 사면 식생 복원	○		
		댐하류사면 식생 복원	○	○	
		암절개 비탈면 식생 복원	○	○	
		채석장 등 훼손지 복구	○	○	
	단절 및 파편화된 생태계 연결	댐정상 선형 녹지 조성	○		
		여수로 복개 및 식생 복원	○		
		어도 조성	○	○	
		생태통로 조성	○	○	
	하천생태계 복원	하천환경 복원			○
		하천서식처 복원			○
	기타 복원 방안	자연형 하천 및 계류 조성	○	○	
		우수저류침투 시스템	○		
생태계 창출	인공습지 및 생태못 조성	인공습지 조성	○	○	
		생태연못 및 비오톱 조성	○	○	
		수질정화용 습지	○	○	
		서식지 조성	○	○	
	생태공원 및 자연관찰원 조성	생태공원 및 자연학습원 조성	○	○	
		생태적 천이 관찰원 조성	○		
	기타 창출 방안	친환경농업	○		
		식생정화대(VFS)			○
		생태숲 조성	○	○	
	친수환경 및 위락	친수호안 조성	○	○	
친수환경 및 위락	친수환경 조성	지역경제활성화를 위한 친수공간 조성			○
		댐방류수 이용 친수시설 설치	○	○	
	생태관광·위락	생태관광	○		
		친수 활동 프로그램	○		
경관 및 역사문화		댐경관 평가 및 경관 설계	○	○	
		지역이미지 및 환경이미지 적용	○	○	
		역사문화 공간 조성	○	○	
기타	친환경 재료	향토 자연 재료 사용	○	○	
		다공질 투수성 재료 사용	○	○	
		재활용 재료 사용	○	○	
	토양환경 복원	표토보전 및 재활용	○	○	
		수물지내 토양오염원 제거			○
	정책, 제도	생태 모니터링 수행	○	○	
	친환경 생활환경	생태도로	○		
		생태주택, 생태마을	○		

## 4

## 1.

## 1)

자생식생은 그 지역의 기후, 풍토에 가장 적합하며, 인위적인 노력의 투입없이도 유지 가능한 이상적인 생태계이다. 댐건설을 비롯한 각종 개발사업에서 자연식생 및 생태계 보전은 안정적인 생태계를 유지하기 위한 최소한의 노력이다. 자연식생 보전에는 수림대식생 보전, 생태계보전, 자연지형보전, 그리고 서식처보전 등을 들 수 있다.

부안댐 하류 잔디광장내에 자생하는 노송을 보존하여 지역의 역사성을 유지하고 휴식공간을 제공하였고, 일산정수장의 자연지형과 노송을 보존하여 휴식공간을 조성하고 정수장 전학시 야외 교육장으로 활용하였으며, 밀양댐에서는 댐과 여수로 사이의 자연지형 및 자생 식생을 보존하여 댐 본체의 식생복원과 함께 생태계의 네트워크를 형성하였다.



( 4.1)



( 4.2)

/



( 4.3)

## 2)

수몰지내 습지, 서식처, 자생식생 등을 대상으로 생태적으로 가장 이상적인 방안은 생태계의 보전이지만 부득이 하게 훼손, 소멸되는 경우 생태 환경을 이전하거나 대체 생태계를 조성하는 방법을 고려할 수 있다.

사업구역내 수몰지의 자연환경 조사(토양, 동·식물상)를 통하여 수몰지내 표토보존 및 활용성 있는 식생보존 방안을 강구하고, 댐 주변공간에 자생수목에 의한 자연학습원 개념을 도입하고자 하는 것이며, 가설비부지 등 건설로 인하여 발생된 훼손지역에 대하여 자연복원 시스템을 도입한다.

특히, 댐유역의 특징적인 대표 식생이나 습지 등을 이전하는 경우 이전지의 표토 및 생태환경을 포함하여 이전한다.

시흥공단에서 발생하는 소음, 분진, 매연, 기타 각종 대기오염원을 차단하거나 억제하여 배후 주거단지의 쾌적한 생활환경 조성을 위해 공단과 주거단지 사이에 폭 200m의 완충녹지대를 조성하고 높이 10m로 성토하여 공단지역과 토취장에 자생하는 리기다소나무, 진달래 등을 이식하여 도시생태림을 형성하였다.



( 4.4)

/

## 3)

수몰지 및 사업구간내 자연지형, 자생식생, 생태계, 서식처등을 보전하는 것은 생태계의 건강성을 확보하는데 매우 중요하다. 댐건설은 특히 단위공간으로서 대규모 면적을 훼손하고 수몰한다는 점에서 그 중요성이 더하며, 사례에서 살펴 본 바와 같이 수몰지내의 자

연지형과 노거수, 식생군락, 동식물 서식처, 습지, 기타 가치있는 생태계에 대한 보전 대책 마련이 중요하며, 그 중요도를 판단하기 위한 기능 및 가치 평가 도구도 아울러 필요하다.

한편, 보전 가치가 있는 중요한 자생식생이나 습지, 생태계가 훼손되는 경우 이전 복원하는 방법이 고려될 수 있다. 이 경우 독립적인 이전보다는 서식환경 전체를 포함하는 단위생태계 환경을 이전하는 것이 중요하다. 구체적으로 자연친화적 댐건설에서 생태계 보전을 위해 다음과 같은 전략의 수립이 가능하다.

(1) 자생식생 및 생태계 보전

□ 자생수목, 지형 및 식생군집 보전

□ 생태계, 습지 및 서식처 보전

(2) 자생식생 및 생태계 이전

□ 자생수목 및 식생군집 이전

□ 습지 및 서식처 이전

(3) 보전을 위한 평가 도구 개발 (습지 및 서식처 기능 평가 등)

## 2.

### 1)

#### (1)

수몰지 및 사업구간은 여러 가지 보전 전략에도 불구하고 불가피하게 훼손되거나 소멸되는 생태계 및 서식처가 발생한다. 따라서 종다양성을 회복하고 생물서식공간으로서의 기능을 향상하기 위해 다양한 형태의 서식조건을 조성할 필요가 있으며, 비교적 영향이 크게 나타난 계류나 얇은 물, 자갈밭, 모래톱, 덩불숲 등에 서식하는 조류를 비롯하여 양서파충류, 어류, 기타 각 동물종을 위한 대체 서식지를 조성하여야 한다.

생물종에 따라 서식환경은 특징적인 공간으로 조성되지만 각 공간은 생태적으로 상호관련성이 있다. 댐유역에 대한 생태조사를 바탕으로 적합한 서식처유형을 바탕으로 생물서식공간을 조성한다. 지역 생태계에서 발견된 원형을 활용하여 식재와 공간이 조성되는 것을 원칙으로 한다. 자연생태계에서는 미생물을 포함한 소생물들의 서식이 자연생태계 균형에 중요한 요소로 작용한다. 따라서 소생물이 서식할 수 있는 생활환경은 다양한 종의 식물군락을 조성해야 하는데 각 군락이 서로 다른 구성종, 연령, 천이계열을 갖고 식생군락의 구조와 층위의 복잡화를 통하여 다양한 종의 서식을 유도해야 한다.

(2)

댐 건설로 인해 광활한 면적의 수면이 생성되는 대규모 저수지에는 심한 수위변동에 대한 대책으로 수변 경계부를 홍수위까지 벌채함으로써 경관적, 생태적으로 악화된다. 이러한 저수지 수위변동구간에 식생을 도입하여 생태계를 복원하는 것은 생태적 의미와 아울러 경관 개선 효과도 가져온다.

새로운 댐건설의 경우에는 상시만수위 또는 평수위까지 벌채 상한선을 조정하는 방안도 적용 가능하며, 기존의 댐인 경우 이미 홍수위까지 식생이 제거되고 나지가 노출되어 심한 침식이 발생하고 있으므로, 기반 조성과 아울러 침수에 대한 적응력이 강한 수종을 도입 복원할 필요가 있다.

부안댐에서는 댐 저수지의 수질관리를 위해 저수지 비탈면 홍수위 이하에 있는 식생을 제거하여 나지화 되어 경관이 악화되고 및 생태계가 심각하게 훼손됨은 물론 수질에도 나쁜 영향을 미치고 있기 때문에 식생을 도입한 자연생태공법으로 복원하기 위한 기술을 확보하기 위한 기초 시험이 이루어지고 있다.

남강댐에서는 자생수목의 조사를 통해 일주일 이내의 짧은 침수조건에서는 대부분의 식생이 정상적인 생육이 가능하다는 것을 밝혀내었고, 벌채 구간을 상시만수위까지로 하였다.



( 4.5)



( 4.6)

( )

(3)

댐체의 하류부에 일정부분 성토 후 식생을 도입함으로써 경관을 개선하고 생태계를 복원하며, 하천 좌우안의 생태계를 연결한다. 성토는 원래의 구릉지 형태로 조성한다. 단, 댐체에 계측기기들이 매설되는 경우 댐체 조성 전에 미리 협의하여 매설 방법을 달리하여 식생도입에 지장이 없도록 한다. 표토는 댐 수몰지 내의 표토를 활용하고, 인근산림에서 식생구조가 유사한 지역의 표토를 이용한다.

식생복원은 자연생태 복원과 동일하게 실시한다. 주위의 산림식생을 모델로 댐주변과 유사한 식생으로 시각적 이질성을 완화한다. 수물예정지의 산림수목을 이식하여 활용하되, 푼트묘를 도입하여 예산을 절감하고 자연생태적 군락형성을 용이하게 하며, 부족 수량은 농장에서 채배된 수목을 식재하여 녹화 목표를 효과적으로 달성한다. 댐본체 하부에는 성토하여 수물지내 이식수종 및 동종의 도입종을 식재하되 주변 식생대와 같은 구조로 한다.

보령댐의 경우 사력댐 본체에 성토를 하고 자생수목 중심으로 식생대를 조성하여 경관을 개선하고 생태계의 연결을 도모한 사례가 있으며, 전북의 용담댐을 비롯한 신규댐에 적극 도입되고 있다. 탐진댐에서는 수물 예정지에서 채취한 양호한 토양으로 2-3m (최소 1.0m 이상) 복토하고, 성토 토심에 따라 잡석재나 일반토양을 사용하여 양호한 배수환경 조성 및 댐배면 지형을 표면수가 자연스럽게 유하되도록 조성한다.



( 4.7)



( 4.8)



( 4.9)



( 4.10)

(4) ( )

암절개 비탈면에 식생을 도입하여 생태계를 복원하는 것은 매우 중요하지만 기술적으로 어려움이 많다.

비탈면을 조성할 때 식생 복원 계획에 따라 표면 고르기 정도를 달리하고 암반의 안정과 자연 절리 등을 고려하여 전체 혹은 부분 녹화한다.



식생 선정은 댐유역 식생구조 조사 결과에 따라 자생식생 중심의 구조를 복원하는 것을 목표로 선정한다.

횡성댐에서는 암절개면 중 수목이 생장할 수 있는 식재 가능지를 부분적으로 선택하여 식재기반을 조성 후 배양토로 식재지를 뒷채움하고 우리 주변에서 흔히 자라는 수종의 강건묘목을 식재함으로써 2차식생의 발생을 촉진하고 주변 경관과의 조화를 도모하였다. 충주댐에서는 댐진입로 대형 콘크리트옹벽을 덩굴성식물(담쟁이, 능소화)로 차폐하여 경관을 개선하고 위압감을 완화하였다.



( 4.11)

/ ( 3 )



( 4.12)

/

##### (5)

댐정상부 일정구간에 식생 조성하여 양 정상부의 녹지체계를 연결하는 식생 터널 조성하여 단절된 생태계를 연결하는 Corridor로서 작용한다.

댐 본체 상부는 초본류 및 벌채된 그루터기를 식재하여 장기적인 천이 및 식생도입을 유도한다.



( 4.13)

( )



( 4.14)

( )

## (6)

구조적 문제가 없는 경우 여수로는 터널형이나 박스형으로 매설하여 콘크리트 구조물이 외부에 노출되지 않도록 한다. 여수로, 기타 인공 구조물 주변에 식생대를 조성하여 외부에 구조물이 노출되지 않도록 하며 주변 숲과 같은 구조로 식재하여 생태적 연계성 확보한다.

또한 가능한 경우 여수로는 복개하여 식생대를 조성하거나 소멸된 경관요소의 형상을 도입하여 경관의 개선을 도모한다.



( 4.15)

( )



( 4.16)

( )

## (7)

하구(河口)에 보나 댐을 설치하면 바다를 왕래하던 은어, 뱀장어, 참계 등의 소하성(遡河性)생물의 이동통로가 막히게 되어 댐의 상류에서는 이들이 멸종하게 되며, 내륙의 댐에 어도를 설치하지 않으면 이 지역에서 국지회유(局地回遊)하던 어류, 저서생물(底棲生物), 양서류(兩棲類) 등의 수서(水棲)생물의 이동통로가 막히게 되어 이들이 멸종하게 되므로, 이들의 이동통로 즉, 어도를 조성한다.

어도의 설치목적은 하천내 어류의 이동에 장애를 제거하거나 경감하는 것이지만 그 이외에도 하천생태계의 보호·육성, 친환경 상태를 유지할 수 있도록 하는 것이 중요하다.

국내의 경우 주로 수위차가 작은 하구둑에 설치되어 있으며, 대표적인 사례로 낙동강하구둑에 설치된 어로를 들 수 있다.



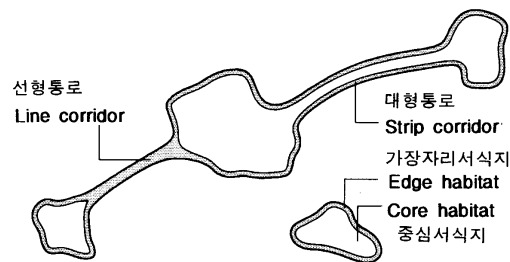
( 4.17)



( 4.18) Ice harbor ( 가 )

#### (8) (eco-corridor)

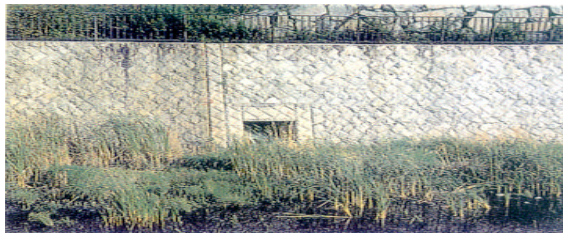
자연복원시스템을 도입하는데 있어서는 야생동물이 이동할 수 있는 통로를 조성하는 것이 중요하기 때문에 이의 기능을 할 수 있도록 적정 면적의 녹지를 확보해야 하며, 단절된 녹지는 인위적인 시설물을 설치하여 통로를 조성한다.



( 4.19)

도로나 철도, 단지 등 건설사업은 생태계의 단절을 초래하여 식생이나 야생동물의 이동이 곤란해진다. 이렇게 단절된 생태계를 연결하는 생태계 네트워크의 전략이 마련되고 있으며, 그 유용한 수단 중 하나가 생태통로의 조성이다. 도로, 댐, 수중보 등 건설사업으로 인해 야생 동식물의 서식지가 단절되거나 훼손 또는 파괴되는 것을 방지하기 위해 야생동식물의 이동을 돕거나 또는 생태계의 단절을 완화시킬 목적으로 인공구조물, 자연식생 등의 생태적 공간을 조성할 수 있다. 이를 야생동물 이동통로(wildlife passage)라 부르며, 야생동물 이동통로는 다른 용어로는 생태통로(Eco Corridor), Eco-duct, ecological bridge, green bridge 등으로 부를 수 있다.

야생동물 이동통로는 야생동식물의 서식공간을 연결하여 생물의 이동이 가능하도록 하며, 생물종을 유지할 수 있는 먹이 공급원을 확보하며 생태계의 균형을 유지하고 생물의 다양성을 증대한다.



( 4.20)



( 4.21)

- (culvert Box)

( 가 )

## (9) (stepping stone)

옥상소생태계와 같이 독립된 공간에 생태계를 도입하여 생물서식공간을 조성하기 위한 전략으로서 생태계 네트워크상의 징검돌(stepping stone) 생태계로서의 기능을 갖는다. 경기도 분당신도시에 위치한 하늘동산은 도시 환경 속에서도 생물과 사람이 공존하기 위한 방안의 하나로서 부족한 녹지공간을 확보하기 위해서 건물의 옥상이라는 제한적인 공간에 물을 도입하고 식물을 심어 생물들이 살 수 있는 공간을 만들었다. 이는 생태계의 연결을 도모하는 징검돌 생태계로 매우 효과적인 수단이다.



( 4.22)

( )

## (10)

자연형 하천은 도시하천과 같이 인위적인 수법에 의해 표준단면으로 개수된 하천을 자연과 가까운 모습으로 되돌리기 위한 노력이다. 즉, 물의 흐름

이 사행이며, 여울과 못이 형성되고, 급경사와 완경사, 모래톱과 자갈, 다양한 호안과 야생 수서동식물의 서식처 등이 형성된다.

용담댐에서는 자연생태공원의 유입수를 식생을 이용한 생태적기법으로 처리하고, 연못에서 하천까지 물과 직접 접할 수 있는 친수환경을 조성하였다.





( 4.23)



( 4.24) /



( 4.25)



( 4.26) /

( )

### (11) ( )

식생섬은 저수지 등에 부채를 띄우고 식생기반을 조성하여 수생식물을 도입함으로써 수질을 개선하고 생물의 서식기반을 제공하기 위한 인공 구조물로서 연못, 저수지, 댐호수 등에 도입하기 위한 구조 및 식생 현황 등에 대한 연구가 진행중이다.

## 3.

자연친화댐에 도입될 생태계 복원 요소는 다음과 같이 설정할 수 있다.

### 1)

#### ☐ 저수지 사면 식생 복원

- 벌채된 수위변동구간 식생 기반 조성 및 식생 복원
- 벌채구간을 하향 조정하여 상시만수위 이하로 낮추어 식생 훼손 최소화

#### ☐ 댐하류사면 식생복원

#### ☐ 비탈면 식생복원

□ 채석장 등 훼손지 복구

2)

□ 댐정상부 식생 복원

□ 여수로 복개 및 식생복원

□ 어도조성

□ 생태통로 조성

□ 징검돌 생태계 조성

3)

□ 하천환경 복원

□ 하천 서식처 복원

□ 자연형 하천 및 계류 조성

4)

□ 우수저류침투 시스템

□ 식생섬 조성

4.

1)

(1)

사업구간에 보존가치가 있는 습지를 매립하게 되는 경우는 대체습지를 조성한다. 개발 사업에 의한 습지훼손이 불가피하다면 총체적 사업효과가 습지보전에 순이익이 되도록 대체한다. (no net loss of wetlands) 이때 습지 대체의 기준은 단순한 습지면적의 불변이 아닌 습지의 기능, 가치의 불변을 의미한다.

이러한 인공습지는 수질정화 효과와 아울러 생물서식공간으로서 기능을 가지며, 미적 요소와 기타 다양한 습지의 기능을 포함하게 된다.

시화호에는 상류 3개하천(반월천, 동화천, 삼화천)에서 유입되는 농축산폐수, 생활하수, 공장폐수를 토양과 습지식물을 기반으로 자연스럽게 형성되는 미생물과 동물의 생물학적 균형

을 통하여 수질을 정화하는 자연정화기법을 도입하였다. 습지주변을 생태공원으로 조성하여 자연학습기능을 갖춘 환경 교육장으로 활용하고, 환경변화 및 수질오염으로 인하여 멸종위기에 처한 국내자생 수생식물의 보호와 번식을 위한 자생 수생식물 재배지를 조성하고 있다.

용담댐에서는 댐저수지 상류 유입부에 수질개선 및 생물서식공간을 위한 인공습지를 조성하였다.



( 4.27)



( 4.28)

prototype . /

## (2)

댐 유희지 내에서 솟아 나는 물을 활용하여 생태연못 및 자연계류 등의 생물서식공간(Biotope)을 조성하고, 생태관찰에서부터 적극적인 친수 활동에 이르기까지 공간별, 계절별로 흥미를 유발할 수 있도록 철저하게 자연복원시스템에 의한 공간을 조성한다.

안동댐 정상지역에서 발생한 우수를 암절개면으로 유도하여 인공폭포를 조성하여 주변 경관을 향상시키고 폭포아래에 소생물권(Biotope)을 조성하였다. 용담댐에서는 기존 연못에 수생태계를 안정시키고 생물다양성을 증진시키기 위한 식물 및 수서곤충 등의 생물서식공간을 조성하였다.



( 4.29)



( 4.30)

Biotope /

## (3) ( )

이주단지 및 댐 상류 마을의 비점오염원에서 발생한 생활하수와 농축산 하수를 수생식물 및 산화지를 이용하여 정화함으로써 수질을 개선하며, 생물서식공간으로서의 기능도 중요하다.

개별 건물, 마을 공동, 저수지 유입부 등에 각각 도입한다.

## (4)

동물생태계의 복원은 야생동물의 서식처를 조성함으로써 가능해진다. 이때 야생동물 서식처의 조성을 위해서는 먹이의 종류와 활동특성을 고려해야 한다.

서식처 조성에 필요한 기본적인 고려사항은 다음과 같다.

- : 동물들의 활동반경을 고려한 적정규모.
- : 생태계를 연결하는 안전한 이동통로 확보
- : 다양한 서식처 환경 제공

앞에서 제시한 어도의 기능이 제한적인 경우 댐의 직하류에 어류의 새로운 서식처를 조성하는 방안도 검토될 수 있다.

탐진댐에서는 댐하류의 가설비지역에 어류 산란장 등 어패류 및 양서파충류를 위한 서식처를 조성하여 댐으로 인한 상하류 생태계 분절에 따른 악영향을 최소화하고자 하였다.



( 4.31)



( 4.32) /



( 4.33) / 가 ( )



## 2)

### (1)

자연관찰 및 학습을 위하여 공원녹지를 생태적으로 복원, 보전하며, 이용자들에게 식물, 동물, 곤충들이 자연환경 속에서 성장, 활동하는 모습을 관찰 할 수 있도록 제공된 장소, 즉 소생물들의 살아가는 모습을 쉽게 접근, 관찰할 수 있도록 조성된 공원으로서, 야생생물의 서식처를 도입하되, 생태계 질서(종다양성, 생태적 건전성, 지속가능성 등)에 의해 스스로 유지되도록 조성된 공원으로 건강한 야생경관을 도입하고, 최소에너지 투입에 의해 유지관리가 가능하도록 조성된 공원으로 생태환경적으로 타 공원에 비해 비교우위성에 존재가치를 두고 조성된 공원을 말한다.



( 4.34)

/

### (2)

다양한 유형의 소생태계를 조성하여 생태계의 발달, 즉 천이의 과정을 관찰하고 체험하는 교육의 공간을 제공한다.

충남 당진의 대호지구 간척지에 대한 프로그램에서 해안생태계의 천이과정을 관찰할 수 있는 천이관찰원을 제안한 바 있는데(서울대학교, 1999), 담유역 또는 담하류부의 일부를 자연 그대로의 생태공간으로 조성하고, 지속적인 모니터링을 통해 생태계의 천이를 관찰할 수 있는 천이관찰원으로 조성한다.



( 4.35) 가

/

## 3)

이와같이 새로운 생태계를 창출하거나 대체 생태계를 조성하기 위한 전략으로는 다음과 같은 요소를 적용할 수 있다.

## (1)

- ☐ 인공습지 조성
- ☐ 비오톱 및 생태연못 조성
- ☐ 수질정화 습지 조성
- ☐ 서식지 조성

## (2)

- ☐ 생태공원 및 자연학습원 조성
- ☐ 생태 천이 관찰원 조성

## (3)

- ☐ 친환경농업
- ☐ 식생정화대 (VFS) 조성
- ☐ 생태숲 조성



( 4.36)

---

## 5

### 1.

댐건설은 국가나 지자체, 정부투자기관 등 정부 수준의 전유물이 아니며, 지역사회를 중심으로 한 이해당사자와 국민 전체가 함께 고민하고 최선의 대안을 도출·합의해야 한다. 따라서 댐건설에 대한 조직적인 저항을 억제하고 국민적 합의를 이끌어내기 위한 전략으로 댐건설과 관련된 이해당사자(stakeholder)를 포함한 파트너십 구성이 필수적이다.

댐건설 파트너십에는 정부, 의회, 지역주민, 시민환경단체, 기업, 토지소유자, 임대인 등 이해 당사자가 참여하게 된다. 특히 여기서 중요한 것은 시민단체 및 지역주민의 참여다. 지역주민과 어린이, 학생, NGO 등이 파트너십을 형성하여 생태계의 구상 및 조성, 유지/관리 과정까지 참여함으로써 환경에 대한 중요성을 인식하게 하는 계기가 된다. 또한, 참여하는 이들의 주변환경에 조성되는 서식처에 대한 관심을 기울임으로써 이들 공간을 더 효율적으로 운영할 수 있게 한다.

### 2.

#### 1)

상수원의 수질보전을 위해 상수원보호구역을 지정하나, 근원적으로 수질개선 목적이 아니고, 사전 예방적 차원에서 각종행위를 제한하여 장기적으로 수체(저수지, 하천)에 오염원의 부하를 억제하는데 그 목적이 있다고 할 수 있다.

#### 2.2 상수원보호구역의 지정 범위 및 행위제한

지정범위는 크게 저수면과 수변지역(통상 저수면에서 4km)으로 나눌 수 있는데, 이는 저수면에서 직접적인 오염행위(낚시, 수영, 물놀이 등) 금지 및 수변지역에서 난개발을 방지, 오염원의 유입을 억제하는데 있다. 상수원관리규칙 제4조에 의한 보호구역의 면적산정 기준은 다음과 같다.

## &lt; 5.2&gt;

## ( 4 )

표준 거리 산정 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1일 취수량 10만톤이하</li> <li>■ 상수원전용댐, 1일 취수량 10만톤이상의 상수원</li> <li>■ 기타 지역의 특성상 필요하다고 인정되는 호소</li> </ul>	취수지점기준 호소만수위 기준 호소만수위 기준
집수 구역 폭	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 만수위구역안에서의 유하거리가 10킬로미터를 초과 하고, 집수구역의 면적이 150제곱킬로미터를 초과하는 경우</li> <li>■ 상기외 지역</li> </ul>	취수지점에서 유하거리 10킬로미터를 이내 지역 취수지점에서 유하거리 10킬로미터를 초과하는 지역 집수구역1) 지역 특성 고려하여 결정 집수구역1)

주) 집수구역1) 폭결정시 집수구역 중 빗물-오수 또는 폐수가 상수원으로 직접 유입되지 아니하는 지역은 제외함

## &lt; 5.1&gt;

주 택	신·증축	○	△	○	△	△	
	원주민, 거주민의 신·증축가능면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 용적율100%이하 시설 및 건축물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 현저한 자연훼손을 가져오지 않는 범위</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 거주민: 연면적100㎡이하</li> <li>● 원주민: 연면적132㎡이하</li> <li>● 부속건물, 지하층 별도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 연면적 200㎡이하</li> <li>● 부속건물별도</li> </ul>	
	기존 건축물의 개축, 재축	○	○	○	○	○	
상 업 시 설	숙박시설	△ (원칙적금지, 조례에 의해 허가)	△ (원칙적금지, 조례에 의해 허가)	△ (원칙적금지, BOD10mg/ℓ 이하처리)	△ (종전보다 오염 정도가 낮은 경우)	△ (종전보다오염 정도가 낮은 경우)	
	일반음식점	△ (원칙적금지, 조례로 허가)	△ (원칙적금지, 조례에 의해 허가)	△ (원칙적금지, BOD10mg/ℓ 이하처리)	△ (종전보다 오염 정도가 낮은 경우)	△ (기존포함 100㎡이하, 총호수의 5%이내)	
	기 타	△ (원칙적금지, 조례로 허가)	△ (원칙적금지, 조례에 의해 허가)	△ (원칙적금지, BOD10mg/ℓ 이하처리)	△ (기존주택연면적의 50%내 변경)	△ (기존포함 200㎡ 이하)	
축사		○	△	△	×	×	
소기시설		○	○	○	△ [잠실, 버섯재배사, 온실등 조건부(면적) 허용]		
주공시설		○	○	○	△ (농로, 회관, 공동구관장등 제한적허용)		

주) ○ : 유리, △ : 중간, × : 불리

---

관련법에 의하여 상수원으로 이용하는 댐의 경우 지역주민의 경제적 활동에 제약을 많이 받고 있는데, 표 5.1은 수변구역, 국토이용관리법, 상수원보호구역에 의한 행위제한을 비교한 것으로서 상수원보호구역의 지정이 가장 엄격하게 적용되고 있음을 알 수 있다.

### 3)

상수원의 수질보전을 목적으로 시행한 보호구역의 지정은 주변지역의 개발잠재력, 수질 오염도 등을 고려하여 추진되어야 할 사항으로서 확실적인 보호구역지정 정책으로 민원이 증대되고 있으며, 특히 지역주민의 협조가 필요한 사안이다. 이를 위해서는 수질보전을 전제로 보호구역의 지정면적을 최소화하거나 제외할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다. 이는 호소의 수변공간의 이용과 친수공간 문화의 창출이라는 관점에서 전향적으로 검토할 필요성이 있다고 사료되며, 다음 사항을 검토, 제시하고자 한다.

#### □

저수지수변의 오염원은 근원적으로 발생하는 오폐수를 전량 차집, 처리장에서 처리해야 할 것이다. 현행 국토이용관리법에 의거 상수원주변지역(1km 이내)의 무분별한 난개발방지가 가능하다(국토이용관리법시행규칙 제4조3:준농림지에서 위락, 숙박시설 등 설치제한). 또한 한강 등 4대강특별법에 의한 수변구역지정으로 오염원관리가 가능(하천 및 호소 양안 500m-1km)하다.

#### □

거의 대부분의 오염원은 저수지 유역에서 발생하며, 수면에서 수질오염은 문제되지 않는 실정이다. 수변공간의 활용을 위해 저수면의 일부만 상수원보호구역에서 제외하여 국민을 위한 레저공간의 제공하는 방안을 강구한다. 저수면에서의 레저활동은 주로 물놀이(보트, 수상스키 등)에 한정할 것이므로 수질오염을 일으키는 오염부하는 극히 미미하다고 판단된다. 그리고 기타 행위(목욕, 낚시, 오염원투기 등)는 단속하여 저수지에서 최소한의 수변공간을 마련, 국민에서 여유허 공간을 제공할 필요가 있다.

또한, 호소의 수질보전을 위해서는 환경기초시설의 설치도 반드시 필요하나, 주민의 환경의식이 무엇보다도 중요하다고 판단되며, 지역주민의 재산권 행위제한으로 인한 민원발생, 지가하락, 소득증대를 위해 주민과 협의하여 저수지 수질을 보전하고 상수원보호구역을 최소화할 수 있는 방안을 강구할 수 있도록 정책방향을 제시할 필요가 있다고 사료된다.

## 6

## 1.

## 1)

우리나라의 댐 건설지역 지원은 1989년 6월 「발전소주변지역지원에관한법률」이 제정되어 발전용 댐에 처음으로 지원금을 제공하게 됨으로써 시작되었으며, 다목적 댐 주변지역에 대한 지원은 1993년 12월 10일 개정된 「특정다목적댐법」에 의하여 1995년부터 본격적으로 시작되었다. 그 후 1999년 9월 7일 「댐건설및주변지역지원등에관한법률」이 제정됨에 따라 특정다목적댐법은 폐지되었으며, 이에 의해 규정된 지역지원사업은 확대·개편되어 지역에 대한 지원사업과 정비사업으로 구분·시행되고 있다. 댐 주변지역 정비사업과 지원사업은 저수면적 2km<sup>2</sup> 이상인 댐과 총 저수용량이 2천만m<sup>3</sup> 이상인 댐을 대상으로 하여 시행되는 것으로 계획홍수위선으로부터 반경 5km이내의 상류지역과 댐의 중심선으로부터 5km 이내이고 하천 구역으로부터 5km이내의 하류지역 범위 내에서 실시된다. 대상사업은 댐 완공시까지 시행하는 정비사업과 댐 준공 후 매년 실시하는 지원사업으로 구분된다. 지원규모는 정비사업의 경우 최소 300억원 이상이며, 지원사업의 경우 발전판매수입금의 3%이내 및 생·공용수 판매액의 15%이내의 금액이다.

두 번째는 댐 건설과 관련된 또 다른 제도로는 상수원보호구역에 대한 지원을 들 수 있고, 대상사업은 소득증대사업, 복지증진사업, 육영사업 등이며, 지원규모는 수도사업 판매수입금의 3%범위 이내 금액, 차입금 또는 자금의 운용으로 생기는 수익금, 환경개선특별회계에서의 보조금(총사업비의 100분의 30범위 이내) 등이다.

세 번째는 댐 주변지역 지원제도와는 다소 상이하나 유사한 성격을 지닌 제도로는 지역개발세에 의한 주민지원제도를 들 수 있다.

따라서, 현재 우리나라의 댐 건설 주변지역 지원과 관련된 제도적 장치는 크게 3가지로 볼 수 있다. 이들 3개 제도를 통한 지역주민 지원은 일정수준 성과를 거두고 있는 것으로 보인다.

그러나 과연 현재의 지원규모나 지원방식 및 대상사업이 과연 피해지역 및 피해주민에 대한 지원책으로 적절한 것인가에 대해서는 이론의 여지가 있을 수 있다.

가령 주변지역 지원금의 상당부분은 국가에 의해서 추진되거나 추진되어야 하는 사업에

---

투입됨으로서 지역의 입장에서는 완전한 의미에서의 지원이라기보다는 투자순위를 앞당긴 것에 지나지 않는 경우도 있기 때문이다.

댐 자원의 사회·경제적 가치를 극대화하여 사회적 편익을 증진하기 위하여 댐 저수지의 활용도 제고를 통한 국민의 여가기회를 확대하고 지역개발을 촉진하여 댐 건설로 피해를 보는 주민 및 지역사회에 댐건설 주변지역 지원을 위한 프로그램의 다양화와 실효성을 증대하여 주민지원을 강화한다.

또한, 댐건설에 따른 환경훼손 최소화 및 댐 저수지 수질보전 등 댐건설 후에 환경보전을 극대화 할 수 있도록 계획에서 시공, 관리, 운영 각 단계별로 환경을 고려한 댐건설 방안도 마련해야 한다.

## 2.

### 1)

#### (1)

지역정비사업은 기존의 지원사업이 가지는 한계를 극복하기 위하여 도입된 것으로 지원사업과는 네가지 점에서 차이를 보인다.

첫째, 댐 완공 후 연간계획에 의해 수립(댐 건설기간 동안 시행)

둘째, 지역지원사업이 소규모 자금을 연차적으로 투입함에 비해 정비사업은 300억 이상의 대규모 자금을 단기간내에 투입한다.

셋째, 주변지역 지원사업계획은 댐 관리청이나 댐 수탁관리자가 계획에 의해 추진하며, 사업의 시행은 기초지방자치단체의 장이 주관하는 것이 대부분이다. 그러나 정비사업은 광역지자체의 장이 수립권자가 된다.

넷째, 지원사업은 발전용수 및 생공용수 판매 대금의 규모가 지원규모 산정에 영향을 미치는데 반해 정비사업은 댐의 규모와 수물가구 등을 고려하여 지원금 규모를 산정함으로써 물의 사용처나 댐의 건설 목적보다는 댐의 규모와 댐 건설 피해지역의 측면을 강조하고 있다.

#### (2)

주변지역에 대한 정비사업을 생산기반조성사업, 복지문화시설사업, 공공시설사업으로 표 6.1와 같이 세가지로 구분하고 있다.

## &lt; 6.1 &gt;

수립권자	• 댐 본체를 관할하는 시·도지사
수립시기	• 댐 기본계획 고시후
수립내용	• 사업의 목적 및 개요    • 소요사업비, 재원별 부담계획 및 연도별 투자계획 • 사업의 내용·시행기간 및 시행자    • 기타 사업에 필요한 사항
대상지역	• 댐의 계획홍수위선으로부터 5km 이내의 댐 중심선으로부터 상류지역 • 댐의 중심선으로부터 5km 이내이고 하천법규정에 의한 하천구역으로부터 5km 이내 하류지역 • 기타 시·도지사가 필요하다고 인정하는 지역

## 2.

이상에서 검토한 내용을 중심으로 저수지 주변지역의 주민의 소득증대 등 지역경제를 활성화시킬 수 있는 방안을 다음과 같이 요약하여 제시하였다.

- - 기념관 및 자료실, 레포츠시설, 숙박시설(호텔, 콘도 등), 전망대, 공원광장, 캠프장, 바베큐장, 미니골프장
- - 연못폭포, 야생조류관찰실, 삼림공원, 식물공원, 농장, 관찰오두막, 동식물관찰센터, 삼림체험 교류센터, 암벽 등반, 청소년 수련원 등 Event 공간 조성
- - 유람선, 선착장, 숙박시설, 보트, 카누, 물놀이시설, 수상스키, 특산품판매소 등
- - 수공예촌(手工藝村), 미술관, 농산물가공 실습장, 수상무대, 민속촌, 가족여행촌, 정자 및 파고라
- - 호반을 따라 자연을 최대한 활용할 수 있는 산책로를 조성하여 삼림욕과 호수를 조망할 수 있는 공간 확보
  - 데이트 공간
- - 고무보 설치(하천용수 및 자연경관조성)
  - 고수부지 조성으로 수변공간 조성
  - 체육공간, 잔디광장, 주차장 및 강변도로 개설로 시민휴식공원
  - 조깅코스 개발, 게이트볼장 등



호반지구 개발 개념도



( 6.1)

### 3.

환경친화적인 댐 설계기준요소를 작성하여 “댐 시설기준(1993, 건교부)”에 별도로 규정·환경친화적 설계요소 구체화하였으며, 악영향 저감대책 시설을 유형별로 분석하고, 전문가를 통한 각 유형별 『악영향 저감시설 설계지침서』 작성 운영하고 있다. 또한, 건설폐자재의 활용, 환경친화에 실효성이 있는 세부기술 및 기법을 별도 “기술지침서”로 제정, 댐시설기준의 하위지침으로 규정하고 있으나, 세부적으로 환경친화적인 댐 건설을 위한 댐시설기준을 보완할 필요가 있다고 사료된다.

## 7

21세기 친환경시대에서는 환경과 생태를 고려한 지역의 계획 및 개발이 주된 흐름이 될 것이다. 최근에 열린 다보스 포럼에서 우리나라의 환경지속성 지표를 세계 122개국 중에

서 95위로 평가한 바, 이와 같은 움직임은 보다 더 활발해 질 것으로 보인다. 따라서, 기존에 이루어지던 획일적이며, 이용자 중심의 계획 및 조성기법을 탈피하여 생태적인 계획이 이루어질 수 있도록 다각적인 노력이 요구된다.

본 연구에서는 물자원의 효율적 관리라는 긍정적 측면과 생태환경의 파괴라는 부정적 측면을 모두 안고 있는 댐건설 사업이 단순한 환경파괴형 행위가 아닌 환경과의 조화 또는 환경친화형 행위로서 거듭나기 위한 다양한 기술과 공법, 정책 및 제도를 도출하고자 하였다. 이를 위해서 댐건설과 관련된 생태계 보전, 생태계 복원, 생태계 창출, 친수환경 및 위락, 경관 및 역사문화, 기타로 구분하여 기술적 측면을 검토하였고, 제도적 측면에서 정부차원의 정책 대안을 제시하였다.

이러한 적극적인 생태환경 보전 및 복원을 위한 노력이 지속적으로 이루어짐으로써 댐 건설에 의한 환경파괴를 최소화하고 새로운 생태환경을 창출하는 친환경 건설의 대표적인 사례로 자리 매김 될 수 있으며, 나아가 건설분야의 친환경 사고 확산을 위한 초석이 될 수 있을 것으로 생각하며, 다음 사항을 중점적으로 고려하여야 할 것이다.

첫째, 자연경관 및 생태계보전과 인간정주(定住) 환경의 보전을 최우선적으로 추진하여 친환경적 댐건설 방안을 마련하여야 한다

둘째, 지자체와 지역주민과의 공감대 형성으로 친수공간 종합개발과 지역경제 활성화 촉진 방안을 수립하여 지역주민과 함께하는 댐건설 정착기반을 조성함은 물론 내방객들이 휴식할 수 있는 생태테마 파크를 조성할 수 있는 방안을 강구하여야 한다.

셋째, 건설사업의 기본계획 단계에서 친환경적인 방안이 도입될 수 있도록 제도적인 보완이 필요하며, 개발사업 단계에서 지역주민이 참여하고 의견을 수렴하여야 한다.

< >

Bradshaw, A.D. and M.J. Chadwick. 1980. The Restoration of Land. Blackwell Scientific Publications.

National Research Council. 1992. Restoration of Aquatic Ecosystems Science, Technology, and Public Policy. National Academy Press.

Joji Harada. 1999. Comprehensive development and environmental conservation in reservoir watersheds-Japanese experience.

WWF(World Wide Fund). 1999. WWF's global conservation programme.

建設省 아목천댐 관리소. 1999. 아목천댐 수질보전대책의 개요.

- 
- 건설성 토목연구소. 1992. 다자연형 하천호안 소재 · 공법과 사례 조사보고서.
- 건설성 미야가세댐. 1999. 미야가세댐 홍보자료.
- 國土開發技術研究センター. 1992. ダムの景觀設計 : 重力式 コンクリートダム.
- 近田 由希子 等(建設省 關東地方建設局). 1998. 宮ヶ瀬ダム東澤に Biotope 生物利用の現況.   
ダム技術, No.147.
- 水資源開發工團. 1994. 環境と水資源開發-潤にを未來に.
- 水資源開發工團. 1998. 川上ダムの環境保全・創造について.
- 日本土木學會. 1990. 水邊の景觀設計. 技報堂出版.
- 日本 建設省 河川局. 1990. ダムの景觀設計-重力式コンクリートダム.
- 財團法人 リバーフロント整備センター・監譯. 自然に適合した工法-河岸及び河岸斜面の保護. 集文社.
- 구본학. 1996. “댐저수지 비탈면 수위변동구간의 생태적 복구 방안”. 대전전문대학 논문집.   
vol. 22. pp. 355-378.
- 구본학. 2002. 습지 유형 분류 및 도면화 방법에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 구본학, 김귀곤. 2001. “습지 기능 및 가치 평가를 위한 방법론에 대한 고찰”. 2001 한국환경  
복원녹화기술학회 하계학술발표회. pp. 42-46.
- 김귀곤. 2001. “도시생태계 복원현황 및 향후 대책”. 환경복원녹화에 관한 세미나. 환경부.   
pp. 37-64.
- 김귀곤, 구본학. 2001. “댐건설에 따른 생태환경의 변화와 생태복원 전략 : 용담댐을 사례  
로”. 2001 한국환경복원녹화기술학회 하계학술발표회. pp. 19-32.
- 김대현, 구본학. 1999. “경관영향평가 기법을 통한 댐건설에 대한 경관영향평가”. 한국조경  
학회지 27(4) : 80-86.
- 김용규, 구본학, 안동만. 2001. “인공섬 수생식물 생육특성에 관한 연구”. 한국환경복원녹  
화기술학회지 4(4) : 25-35.
- 농어촌진흥공사. 1996. 양양 양수발전소 하부댐 어도설치 적정성 검토보고서.
- 농어촌진흥공사. 1999. 우리나라 어도의 현황과 이용에 관한 연구.
- 문석기, 구본학, 남상준. 2001. “우리나라 생태복원분야 정착의 전망과 과제”. 한국환경복  
원녹화기술학회지 4(1) : 67-79.
- 변무섭, 이명우, 구본학. 2001. “댐유역 환경복원계획 수립을 위한 생태계 모니터링 수행방  
향 : 용담댐 유역을 사례로”. 2001. 한국환경복원녹화기술학회 하계학술발표회. pp.

60-64.

서울대학교. 1997. 친환경적 하천 복원을 위한 국제 심포지엄.

이삼희. 1998. 수자원 시설공사에 따른 친환경설계(자문결과보고서).

이성우. 2000. “환경친화적인 댐건설 방안”. 한국환경영향평가학회, 춘계학술발표회 특별 강연.

이성우. 2000b. "우리나라 수자원현황 및 환경보전방안", 여수지역 환경기술개발센터 물질 약 종합 대책 및 산업 설명회.

한국수자원공사. 1997. 환경친화적 설계지침.

한국수자원공사. 1999. 댐건설제도 개선 연구.

한국수자원공사. 2000a. 환경친화형 건설 관리 사례집.

한국수자원공사. 2000b. 댐 경관설계방안 및 경관평가 기준 (안).

한국환경복원녹화기술학회. 2001. 환경복원녹화에 관한 세미나.

해양수산부. 1999. 어도시설 표준모형 개발에 관한 연구.

3



( )

	1	/ 87
2		/ 88
3		/ 95
4		/ 99
5		/ 115
	6	/ 124
		/ 125

( )

# 1

홍수 소통을 위한 치수 위주의 하천 정비는 우리 사회가 산업화, 도시화, 그리고 현대화 하는 과정에서 경제 발전과 안전한 사회 건설을 위해 불가피한 하천관리 정책 방향이었다고 말 할 수 있다. 제한된 토지에서 최대한의 사회·경제 활동을 보장하기 위해서는 홍수 피해를 막기 위해 유역에서 발생한 홍수량을 신속히 하류로 배출하는데 주안점을 둘 필요가 있었다.

그러나 1980년대 말부터 일부 하천관리청 관계자와 전문가들 사이에 하천의 자연적 기능, 즉 환경 기능의 보전과 개선의 필요성에 대한 공감대가 형성되기 시작하였다. 이에 따라 1990년대 들어 건설교통부(당시는 건설부) 주도로 하천의 환경 기능을 보전하고 복원하려는 하천 정비와 관리에 관한 기초 연구가 시작되었다(건설교통부·한국건설기술연구원, 1991~1996).

이후, 1999년에 ‘하천법’을 전면 개정하면서 하천법 제17조 “하천정비기본계획”에 “수해 발생 상황, 수자원개발·이용의 현황 및 하천환경을 고려하여 수립한다”는 조항과 동 시행령 제10조 “하천정비기본계획의 수립”에 “하천환경의 보전과 적절한 이용에 관한 사항”을 포함하도록 명시하였다. 따라서 하천법을 효과적으로 시행하고 동시에 Agenda 21에 따라 금수강산 보전과 함께 지구 환경 개선을 위해 국내 하천특성에 적합한 하천환경의 보전과 복원 기술이 요구된다.

그러나 이러한 하천환경에 대한 관심과 법적 뒷받침에도 불구하고, 1990년대 이후 하천 정비는 여전히 기존 방법 또는 공원화 사업으로 계속되고 있다. 그림 1과 같이 일부 도시

하천의 환경 정비에서 복원 개념에 따른 하천의 환경 기능이 고려될 뿐, 치수 목적의 하천 정비에는 아직 구체적으로 고려되지 못하고 있다. 그 이유는 무엇보다도 하천의 환경 기능을 고려할 수 있는 자연 친화적 하천정비에 대한 구체적인 추진 방안과 실제 적용 가능한 기법이 마련되어 있지 않기 때문이다. 따라서 지금의 하천 정비의 관행으로 인한 하천의 환경 기능의 훼손을 막고, 제도적으로 자연 친화적 하천 정비를 추진하기 위해서는 하천 조사, 계획, 설계, 시공, 그리고 유지관리 등 일련의 하천 사업에서 자연 친화적 하천정비 기법(홍수와 하도 변화를 허용하므로 일본에서 다자연형 하천가꾸기와는 다소 차이가 있음)의 수립이 요구된다(건설교통부, 2001).

본 연구는 홍수 피해 저감을 위한 하천정비사업을 추진할 때, 하천 환경 기능, 특히 하천 생태계의 보전과 복원, 친수공간으로서 하천 공간 등을 고려하는 자연 친화적 하천정비에 대한 구체적인 추진 방안과 실제 적용 가능한 기법을 개발하는 것에 주된 목적을 두고 있다. 여기서는 건설교통부에서 시행하고 있는 자연 친화적 하천관리의 기본 방향과 목적을 살펴보고, 이에 따른 자연 친화적 하천정비기법 중에서 하천 수변 조사와 계획 기법, 시범사업의 모니터링, 그리고 시행중인 자연 친화적 하천정비사업 사례를 소개하고자 한다.

## 2

자연 친화적 하천 정비의 의의를 분석하기 위해서는 우선 자연 하천의 특성을 검토할 필요가 있다.

### 1.

자연 하천은 자연 그대로, 또는 자연도가 비교적 높은 하천이다. 여기서 자연도라 함은 하천이 갖는 물리, 화학, 그리고 생태학적 요소가 교란되지 않은 상태라고 말할 수 있다. 자연 하천은 기본적으로 하도(主水路)와 수제(水際, 물가), 홍수터(셋강, 웅덩이 포함), 자연 제방, 배후 습지로 구성되며, 여기에 물과 생물이 존재한다. 자연 하천의 기본적 특징은 다음과 같다.

---

1) , .

하천에는 물이 흐르고, 그것은 유역에 내린 비가 지표를 흐르는 물 순환계 중 하나이다. 하천은 유량과 지형에 따라 다양한 흐름의 형태를 지닌다. 또한, 같은 장소라도 갈수에서 홍수에 이르기까지 계절과 시간에 따라 수위와 유속이 변동한다.

2) .

하천은 유수와 함께 토사 등의 물질이 이동하는 공간이다. 하천은 침식, 운반, 퇴적의 작용을 계속하면서, 자연의 법칙에 따라 그 모습을 바꾸어 상류부터 하류까지 흘러 내려간다. 상류 측에서 여러 인위적인 영향은 하류까지 영향을 준다. 토사는 조약돌과 자갈, 모래, 실트, 점토 등의 입경에 따라 흘러 내려가는 정도가 달라진다.

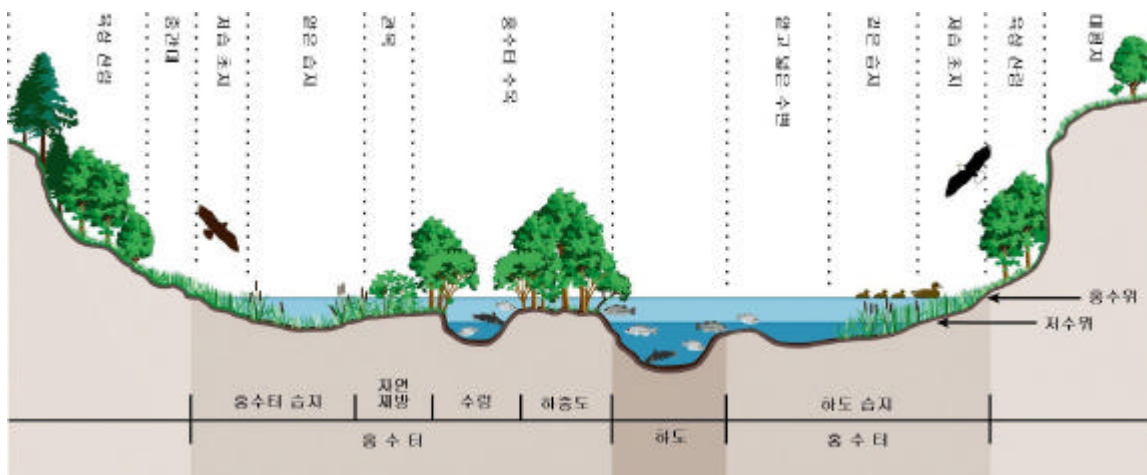




3)

가

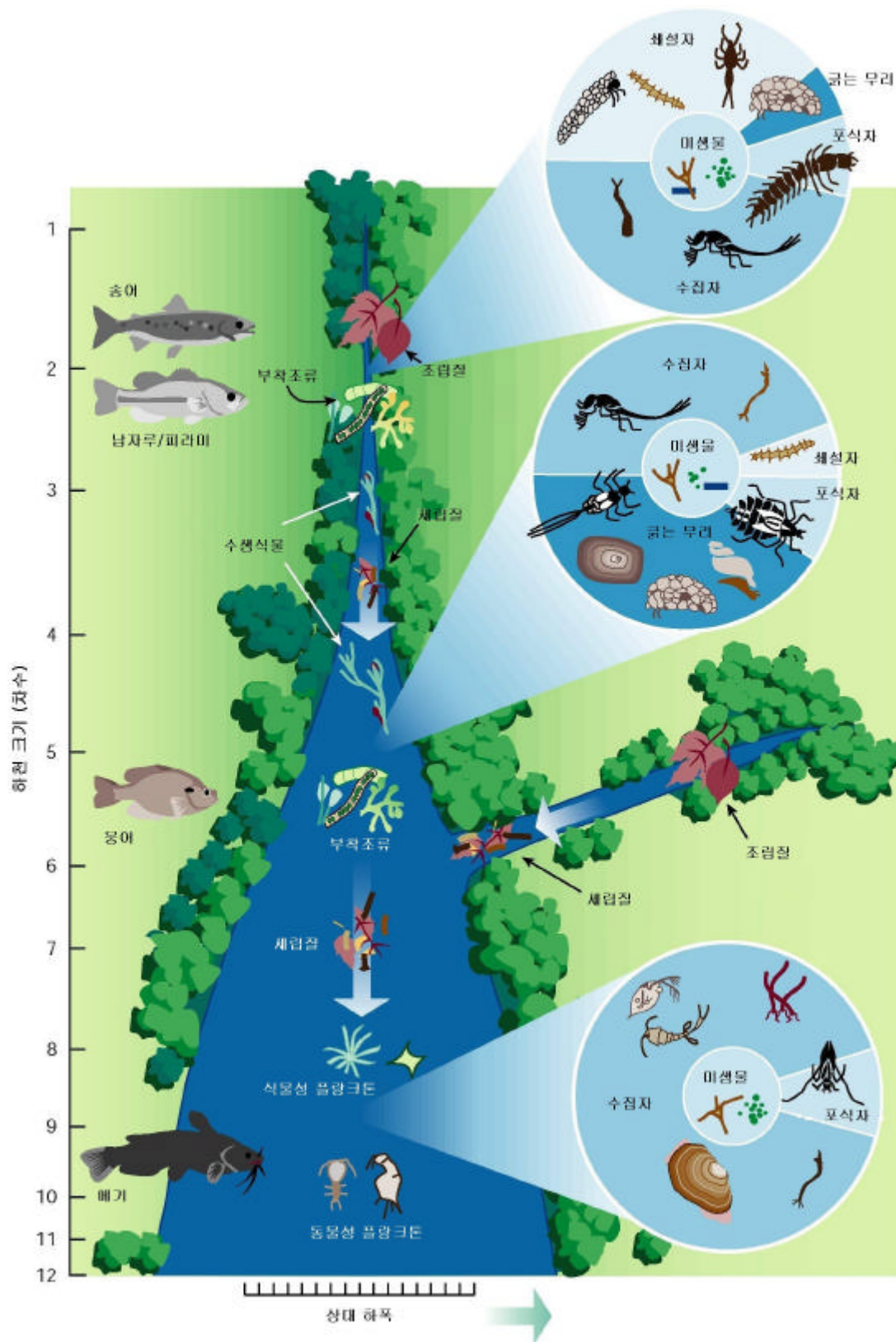
하천은 일반적으로 상류역, 중류역, 하류역, 그리고 하구역으로 나뉘어지며, 각 구역에 따라 지형과 유수의 상태, 지질 등의 차이가 있다. 하천은 이러한 여러 가지 조건의 차이에 따라서 여울과 소, 사주, 간석, 만, 여러 경사의 하안 등 다양한 미지형을 가진다. 하안과 하상의 구성재료도 조약돌과 자갈, 모래, 실트, 점토 등 차이가 있다. 또한, 하천변의 식물은 토양과 침수 빈도, 토양의 젖음 정도, 일조, 수위 조건 등에 따라서 생육하는 종이 달라지며, 홍수에 의해 교란되기도 하고 일부는 회복되기도 한다. 하천에 서식하는 생물은 이와 같은 하천의 다양한 지형과 식생을 기반으로 해서 그 속에 다종다양한 생태계를 구성하고 있다. 그림 2는 전형적인 하천 수변의 횡단면의 지형과 생태 환경을 나타낸 것이다.



( 2 )

4)

하천은 상류에서 중류, 하류, 하구에 이르기까지 끈 상(corridor)으로 연속된 공간이므로, 여러 생물이 이동하는 것이 가능하다. 예를 들면, 어류는 강을 오르내리고, 회유해서 생활하고 있는 것도 있다. 따라서 하천의 연속성(continuity)을 차단하는 것은 하천의 생태계에 큰 영향을 준다. 이와 같은 양상은 그림 3의 하천 연속체 개념(river continuum concept)에서 쉽게 찾을 수 있다(Vannote, 1980).

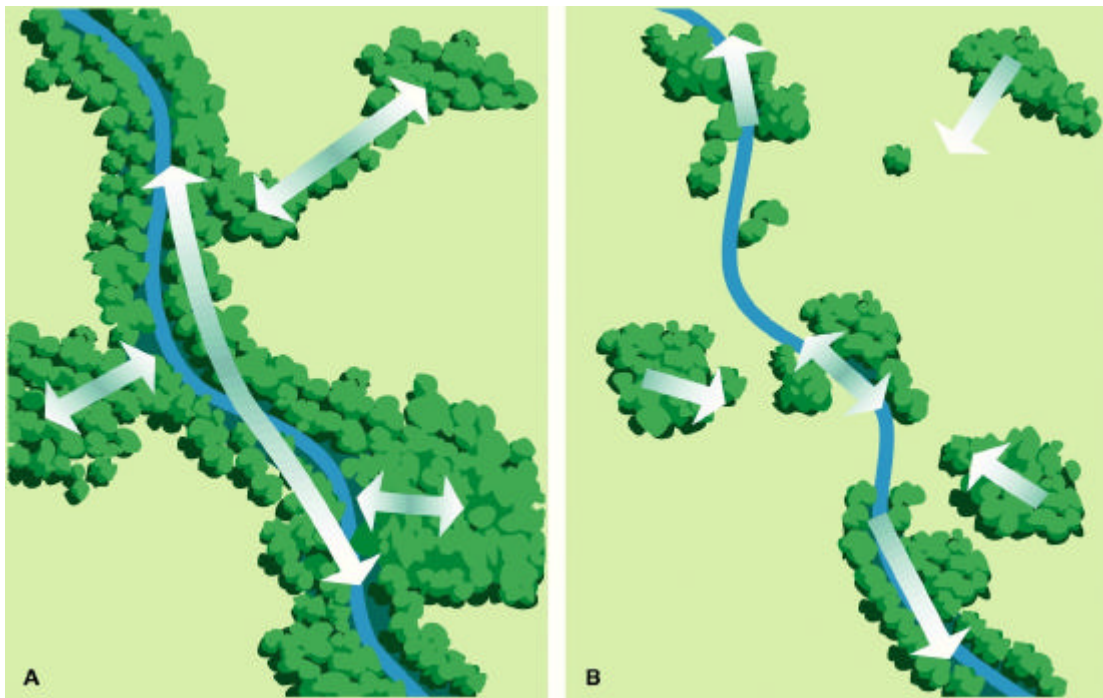


( 3)

(Vannote, 1980)

5)

하천의 생물은 그 속에서만 일생을 보내는 것도 있지만, 생물에 따라서는 그림 4와 같이 하천 주변에 있는 수변림과 삼림, 습지, 수로, 논 등 주변 환경과 왕래하며 생활하고 있는 것도 있다. 또한, 보통 하천의 주변에 서식하지만 시기에 따라 강속과 주변에서 서식하는 생물도 있다.



( 4)

(A)

(B)(FISRWG, 1998)

6)

가

하천의 자연 환경에는 인위적 영향이 더해져도 일정한 회복력(self-sustaining)이 있다. 그러나, 하천 개수의 정도와 내용, 시기, 기간 등에 따라 회복에 커다란 차이가 있다. 한번 개수하게 되면 복원이 곤란하게 되는 귀중한 자연 환경도 많이 있다. 특히 하천은 인간과 가장 친밀한 공간으로서 가장 다양성이 높은 자연 환경의 보고이다.

7)

하천은 각 하천 객체별로 독특한 개성을 가지고 있다. 하천의 지리적인 위치와 기상, 지형, 지질의 차이, 유입토사의 질과 양, 유역의 토지이용, 하천개수의 정도와 내용, 그리고

황단시설의 입지 등 여러 조건의 차이에 의해서 하천의 개성이 성립된다.

구체적으로, 자연 하천의 전형적인 물리적 형태는 다음과 같다.

- ① 평면형 : 좌우 비대칭(불규칙), 하도의 만곡, 샅강/만과 웅덩이, 사주의 발달(점, 교호, 지류, 하중도 등)
- ② 단면형 : 하상, 강턱, 홍수터(자연적 복단면)
- ③ 종단형 : 여울과 소
- ④ 하상 재료 : 암반, 거석, 자갈, 모래, 실트, 점토와 식물
- ⑤ 기타 생물 서식처(cover) : 부목, 거석, 식생 물가

자연 하천의 화학적 특성은 수질과 하상 재료와 수변 토양의 질이다. 자연 하천에서 환경 기능은 위와 같은 물리적, 화학적 특성이 유지·보전되면 따라서 수반된다. 구체적으로, 하천 생태계와 생물은 하천의 물리적, 화학적(수질) 자연 특성이 유지되면 생물 서식처가 유지·보전되면서 그에 맞는 생태계가 형성되며 생물이 살게된다. 여기서 하천의 수질 자정 효과는 유역에서 오염물 유입이 하천의 자정 능력 이내로 유입되는 경우 하천의 물리적, 생물적 자연 특성이 유지되면 따라서 수반된다. 나아가 하천의 경관 기능도 하천의 물리적, 생물적 자연 특성이 유지되면 따라서 수반된다. 다시 말하면 하천의 경관, 친수 기능은 하천의 자연성이 만들어주는 것으로, 대부분 인위적으로 만들 필요가 없다.

그러나 자연 하천은 하천의 환경 기능은 살아있으나, 이수과 치수 같은 이른바 ‘공학적’ 기능은 상대적으로 약할 수밖에 없다. 이는 원래 하천의 홍수터에 인간이 거주하게 되면서 부터 시작되는 피할 수 없는 결과이다.

## 2.

하천의 이수과 치수 목적으로 인공화하여 정비된 하천의 대부분은 저수로, (저수로)호안, 고수부지, 제방 등 4개 요소로 구성된다. 정비 하천의 물리적 형태의 특성은 다음과 같다.

- ① 평면형 : 좌우 대칭, 직선(완만한 곡선) 하도, 하도 습지, 샅강·웅덩이·사주의 제거
- ② 단면형 : 인위적 복단면(하도·호안·고수부지·제방)
- ③ 하도 : 밋밋한 하상에서 나타나는 일정 수심으로 역동적인 변화가 없음
- ④ 하상 재료 : 비교적 일정하게 유지되어가고 있음
- ⑤ 기타 생물 서식처(추이대의 소멸, 부목, 거석, 식생 물가 등)와 은신처 제거

---

정비 하천은 하천의 공학적 기능은 양호하나, 환경 기능은 상대적으로 약할 수밖에 없다. 이러한 정비 하천은 생물 서식처의 훼손으로 하천 생태계는 부분 또는 완전히 소멸될 수 있다. 이에 따라 수질 자정과 경관 기능 또한 부분 또는 완전히 소멸되기도 한다.

### 3

하천에는 여러 동·식물이 살아갈 수 있도록 다양한 환경이 형성되어 있다. 이러한 하천 환경에는 여울·소(沼) 등과 같이 유속과 수심을 변화시키는 환경, 모래와 자갈 등의 하상 재료, 수역에서 고수부지까지의 다양한 지형변화, 그리고 홍수에 의한 하천환경의 파괴와 재생의 반복 등 하천 특유의 조건을 가지고 있다. 또한 하천은 동·식물만의 공간이 아니라 인간에게도 매우 중요한 의미를 갖는다. 하천이라는 대상은 지역주민이 일상생활 속에서 물놀이, 낚시, 산책 등의 활동 공간을 제공함은 물론 생활양식, 예술, 문학, 나아가서는 신앙에 이르기까지 지역사회 형성과 깊은 관계를 가지고 있다.

인간과 동·식물 모두에게 중요한 의미를 가지는 하천의 환경관리는 안전하며 쾌적함과 윤택함을 함께 줄 수 있는 방향으로 설정되어야 하며, 동시에 하천 본래의 환경이 최대한 유지될 수 있도록 하여야 한다.

#### 1.

자연 친화적 하천관리는 홍수관리와 함께 하천이 본래 가지고 있는 생물의 양호한 생육 환경을 배려함은 물론 아름다운 자연경관을 보전 및 개선하는 것이라 할 수 있다. 이러한 자연 친화적 하천관리는 치수 및 이수 능력을 고려함과 동시에 풍요로운 하천환경의 보전, 재생 및 복원을 위한 다양한 노력을 바탕으로 한다. 즉, 하천생태계의 보전을 위한 서식처 환경을 조성하고, 하천변 식생과 하천생태 경관의 보전·향상을 위한 하천환경 정비 및 관리가 되도록 하여야 한다. 자연 친화적 하천관리의 기본 목적은 다음 항목에 두고 있다.

- ❖ 홍수피해 저감 대책의 추진
- ❖ 하천과 주변 지역의 자연 생태계를 보전
- ❖ 자연 생태 공간인 하천주변 내에 다양한 생물 서식공간 확보

❖ 친수 기능을 부여함으로써 국민의 삶의 질 향상

❖ 지역사회와 연계된 하천관리

자연 친화적 하천관리는 치수 및 이수 측면에서 정비가 필요한 지역에 현재의 하천환경을 최대한 훼손하지 않도록 유의하며, 본래의 하천환경 모습에 가깝게 유지되도록 노력해야 한다. 또한 이미 정비되었거나 정비가 진행중인 하천의 경우에도 치수 관리상 허용하는 범위 내에서 하천환경을 복원시킬 수 있도록 유도한다. 이러한 노력을 통하여 치수 및 이수 측면을 고려할 뿐만 아니라 인간에게 친숙한 자연인 하천을 본래의 아름다운 모습으로 다음 세대에게 물려주어야 할 것이다.

## 2.

자연 친화적 하천관리의 기본 모델은 실제의 자연하천이라고 말할 수 있다. 자연 하천은 자연 그대로 또는 자연도가 비교적 높은 하천이다. 여기서 자연도라 함은 하천이 갖는 물리, 화학, 그리고 생태학적 요소가 교란되지 않은 상태라고 말할 수 있다. 자연 하천은 기본적으로 주 수로, 수제(水際), 홍수터(샛강, 웅덩이 포함), 그리고 육역(陸域)으로 구성되며, 여기에 물과 생물이 존재한다.

자연하천으로 유지·복원하기 위해서는 하천을 자연하천에 가깝게 계획·설계해야 한다. 그러나 자연하천만을 강조해서는 하천의 치수와 이수 기능을 상실할 수 있으므로 자연 친화적 하천계획을 위해서는 다음과 같은 기본 방향을 고려한다.

### 1)

하천은 치수, 이수 및 환경 등 제반 기능을 갖고 있으며, 이들은 모두 우리 인간 생활환경에 직접 영향을 미친다. 따라서 이들 기능은 한 기능에 치우치지 않고 서로 조화를 이룰 수 있도록 충분히 고려하여 관리되어야 한다. 하천이 갖는 이수, 치수기능까지 저해하면서 하천환경을 정비하는 것은 물론이고, 치수와 이수 기능을 정비하기 위해 하천환경을 저해하는 것도 바람직하지 않다. 하천을 정비함에 있어 치수·이수기능 위주의 정비를 할 것인가 또는 하천환경 보전을 취할 것인가 하는 문제는 양자택일의 차원이 아니라, 양쪽이 전제로서 조화를 이룰 수 있도록 관리방향을 설정하는 것이 필요하다.

자연 친화적 하천 관리는 치수, 이수, 및 환경을 고려하는 하천정비기본계획의 이념과 관리를 기본방향으로 하천환경의 보전과 창조에 관계되는 각종 시책을 종합적이고 체계적

---

으로 시행하기 위해 그 기본사항을 정하는 것을 말한다. 따라서 하천관리청은 해당 하천의 자연 친화적인 하천 정비를 추진하기 위해서는 먼저 적절한 하천환경보전과 이용계획을 포함하는 하천정비기본계획을 체계적이고 합리적으로 수립하여야 한다.

## 2)

인간은 하천 유역에서 문명을 시작하였으며, 현재도 하천을 따라 생활을 유지하고 있다. 하천은 인간과 가장 가까이 있는 친숙한 자연의 하나이며, 인간과 하천과의 관계는 앞으로도 꾸준히 지속될 수밖에 없다. 이와 같은 하천의 성격을 감안할 때 자연 친화적인 하천관리는 하천이 갖는 자연성을 최대한 살리면서 그 본래의 역할 또는 기능이 상실되지 않도록 이루어져야 한다. 특히 자연 친화적 하천관리는 여울·소, 우각호(牛角湖), 홍수터 공간의 하도습지(일본에서 완도로 불리고 있음) 등을 생태계 서식지 및 홍수 저류 공간으로 보존하고 복원하여 다양한 동식물이 서식할 수 있도록 하여야 한다.

## 3)

하천은 주로 물과 그 주변공간으로 구성되어 있다. 물과 공간을 독립적으로 생각하여 별도로 정비·관리할 수도 있지만, 물이 더러운 하천공간이나 주변공간이 지저분한 곳의 하천수는 그 가치가 훨씬 떨어진다. 따라서 하천관리는 유역과 하도의 수환경과 하천공간 관리를 동일개념으로 보고 진행되어야 한다.

## 4)

하천은 인간의 생활환경 가운데서 가장 살아있는 자연환경으로서 밀폐되고 적막한 도시 환경 속에서도 쾌적하고 시원한 휴식공간을 제공할 수 있어야 한다. 따라서 제방경사의 완화와 접근로 설치 등을 통해 하천변 접근성, 활동성 등 하천의 이용측면에서 보다 많이 배려되어야 한다. 아울러 하천계획시 지역사회와 주민의 요구에 부응하는 하천관리를 수립함으로써 다양한 형태의 문화예술 공간과 건강을 위한 휴식공간을 제공하는 생활 속의 하천으로 활성화가 이루어지도록 해야 한다.

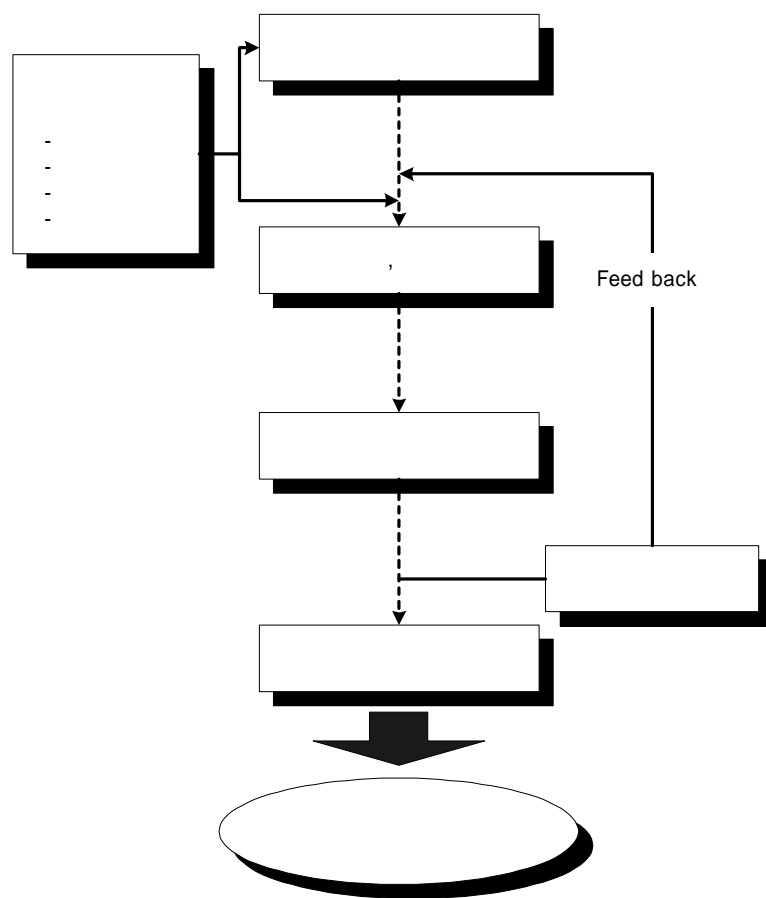
## 5)

현재 하천이 처한 문제점의 주된 원인은 한정된 구간만을 정비하고 지속적이고 체계적



인 관리가 이루어지지 않고 있다는 것이다. 따라서 하천정비는 일정한 구간만을 대상으로 잡을 것이 아니라 해당 하천수계 전반에 걸친 충분한 검토와 계획수립을 통해 이루어져야 한다. 하천환경의 혜택은 현 시대의 특징인만을 위한 것이 아니고 후세에게도 계승된다는 점에서 보다 장기적이고 거시적인 입장에서 관리되어야 한다.

### 3.



( 5)

자연 친화적 하천관리와 하천정비사업은 시대적 상황에 따른 일시적인 필요와 요구만을 고려해서는 안되며, 장기적이고 종합적인 안목에서 가꾸어지고 관리되어야 한다. 자연 친화적 하천관리 절차는 그림 5에서 보는 바와 같이 주로 정비주제 및 방향설정, 수변 조사, 계획, 설계 및 시공, 모니터링, 그리고 유지 관리로 구분될 수 있다.

---

자연 친화적 하천관리는 하천 생태계와 지역사회 모두를 고려한 정비주제와 방향을 바람직하게 설정하는 것에서 시작한다. 이러한 정비주제와 방향으로부터 자연 친화적 하천정비에 필요한 기초적인 물리, 화학, 생물 등의 자료를 구축하는 것이 수변조사이다. 유역 전반에 대한 체계적인 검토를 통해 하천에 적합한 자연 친화적 하천정비를 시행하며, 적용된 계획, 설계 및 시공이 하천환경에 미치는 영향을 평가하여야 한다. 모니터링이란 자연 친화적 하천정비에 사용된 정비기법이나 공법이 하천환경에 미치는 영향을 체계적으로 조사하여 수집 정리한 기초 정보이며, 이러한 모니터링 정보를 이용하여 성공사례는 전파하고 실패사례는 수집하여 그 원인을 분석하여 보완한다. 또한 정비후 구체적인 유지관리 방향을 설정하여 개선된 하천환경이 또 다시 훼손되는 일이 없도록 하여 자연 친화적 하천관리를 완성한다.

## 4

홍수피해 저감과 함께 자연 친화적 하천정비사업을 효과적으로 추진하기 위해서는 하천 조사, 계획, 설계, 시공, 그리고 유지관리 등 일련의 하천 사업에서 이루어져야 한다.

### 1.

자연 친화적 하천정비사업을 적절하게 추진하기 위해서는 홍수와 더불어 하천을 환경이라는 관점에서 취급하는 체계적인 기초정보의 수집·정리가 중요하다. 또한 하천수변에 대한 구조, 화학, 생태 특성들에 대한 체계적인 조사와 관찰 및 분석을 통하여 치수 기능을 수행하면서도 원래의 자연 하천의 모습을 보전하거나 복원하는 수변복원 개념이 포함된 새로운 정비기법과 효율적 관리기법 개발이 필요하다.

수변 조사는 자연 친화적 하천정비계획 수립을 위한 하천 조사와 더불어 하천의 생태환경조사를 정기적, 지속적, 일관적으로 추진하여야 하며, 종래에 수행하던 하천의 물리, 화학 조사 내용도 하천환경에 초점을 맞추어 조사한다. 나아가 하천환경의 정비·보전 사업을 추진할 때 하천의 환경 기능(생태 서식처, 친수, 수질 등)을 구체적으로 고려할 수 있도록 목표 설정을 위한 기초 정보를 제공할 수 있어야 한다.

## 1)

현재 시행중인 수변 조사는 하천수변의 물리·화학·생물학적 특성 파악과 이들의 상호 연관성 및 변화양상을 분석하기 위한 기초자료의 수집과 평가 기법을 정립하는데 그 목적이 있다. 이에 따라 수변 조사를 시행하고 있는 미국과 유럽, 일본 등 각국의 수변 조사 항목과 기술 정보를 참고하여 학제간 전문가들(interdisciplinary experts)로 구성된 조사진에 의해 국내 실정에 맞추어 수변 조사 항목을 결정하였다.

수변 조사는 크게 물리, 화학, 생물, 그리고 하천이용 조사로 구분하였다. 먼저, 물리분야는 하천 유량, 수제 형태, 여울과 소 분포, 사주의 형태 및 변화양상, 하상재료 분포 등을 조사하였고, 화학분야에서 수질 및 저니질은 「하천설계기준(한국수자원학회, 2000)」에서 제시하고 있는 조사 대상 자료를 수집·분석하였다. 생물분야는 식물, 저서무척추동물, 포유류, 어패류, 양서류, 조류, 육상곤충 군으로 세분화하여 각 분야별 전문가가 계절 단위로 조사하였다. 또한 시험구간에 대한 과거 조사자료와 각종 수문자료를 조사·분석하고, 하천의 구조적 특성을 파악하였다. 상세한 수변조사 항목은 표 1에 정리하였다.

<표 1> 자연 친화적 하천정비를 위한 수변조사 항목 및 조사 방향

물리 자료	수리	- 수온 - 유속 - 수위와 수심	유속과 수심은 월 1일 2회 측정, 수위는 유속측정 지점의 것을 측정하여 유량 추정에 사용한다.
	수문	- 유량 - 과거기록홍수 - 강수량·증발산량	기준관측소 측정자료를 사용
	형태	- 횡단형 - 평면형 - 종단형	조사기간 중 적당한 때에 한번 측량하나 하도 형태에 큰 영향을 주는 사건(홍수 등)이 발생하여 하도내에 변동사항이 발생한 경우 재측량한다. 또한 하도내 여러 특성사항을 자세히 관찰하여 기록한다.
	하도	- 여울과 소 - 사주 - 수제(물가) - 하도의 침식과 퇴적 - 기타특성 - 저수로와 고수부지 특성 등	
	하상재료	- 입경분포 - 기타특성(유사분급 등)	

화학 자료	수질	- BOD, COD, SS, pH, 대장균수, 전도도, TN, TP, As, Cd, Cr, Hg, Pb	월 1일 6시간간격으로 2회 채수하여 검사하며 채수지점은 시험하천구간 상·하류 2개소로 선정
	저니질	- COD, 강열감량(IG-Loss), pH, TN, TP, As, Cd, Cr, Hg, Pb 총량(표층부)	분기당 1회 또는 연간 2~4회 실시
생물 자료	식물	- 수중 - 수생 - 수변	분기당 1회 또는 연간 2~4회 실시
	동물	- 어패류 - 양서 파충류 - 저서무척추동물과 곤충 - 육상곤충류 - 조수류	분기당 1회 또는 연간 2~4회 실시
기타	생태계의 구조와 기능	- 구조 - 기능	분기당 1회 또는 연간 2~4회 실시
	하천공간 이용실태	- 수변(하천구역)의 토지이용현황 - 수변의 인문사회적 특성 - 수변의 친수·경관 특성	기존조사자료의 활용

항목별 조사방법 및 시기, 횟수를 선정하여 그림 6에 나타낸 바와 같이 시험하천 구간에 적용하였다. 이 시험하천 구간은 서울 동남부에 위치한 지방 2급 탄천에 해당된다. 이 하천은 홍수피해 방지를 위해 1993년 하천정비사업이 완료되었으나, 서울 도심 하천 중에서 다른 하천에 비해 비교적 저수로가 고착화되어 있지 않고 자연스런 하도 변화가 이루어지고 있다. 이에 따라 하도내 여울과 소 등 교호 사주가 발생하고 있으며 생태 환경이 잘 보전되어 있다.

## 2)

시험구간 수변조사는 2000년 11월부터 2001년 10월까지 1년에 걸쳐 조사 항목에 따라 매월 또는 계절마다 조사하였으며 현재도 진행중이다. 조사 지점은 각 조사 항목의 특성을 반영할 수 있는 지점을 지정하여 주기적으로 조사하고 있다.



( 6 ) ( )

### (1)

전체 하폭(평균 약 230m) 중 평균 40m 정도만이 저수 하도를 형성하고 있었으며, 평균 수심은 대략 0.5~1.0m이고 유속은 대략 0.5m/s 정도였다. 유량은  $10.5 \pm 1$  cms 정도로 크게 변화하지 않는 상태였다. 시험구간의 하상재료는 대체적으로 작은 입경의 모래질이 분포한다. 여울과 소는 사주와 함께 약 200~300m 간격으로 나타나고 있었으며, 여울에는 자갈이 분포한다. 월별 사주 변화는 크지 않은 것으로 조사되었지만, 유량이 증가한 7, 8월에는 사주 형태 및 위치가 뚜렷이 확인되었다.

그러나, 1년 간의 조사 결과만으로 수변 변화 양상을 파악하는 것은 무리가 따르며, 향후 홍수 영향에 따른 생태교란 전·후 시점에 보다 세밀한 조사가 필요하다. 또한 과거자료와 비교분석을 통하여 향후 생태보전 및 복원에 적합한 하천정비 방향을 설정하여야 할 것이다.

### (2)

시험구간 수질은 4개 지점을 선정하여 매월 측정하였다. 시험하천 상류에서 유입되는 오염수에 의해 생물화학적산소요구량(BOD) 기준으로 IV, V등급( $6.0 \sim 10.0$  mg/l) 정도의 수질을 유지하고 있으나, 4, 5월에는 좀더 수질이 악화되는 것으로 조사되었다. 이는 감소된 하천유량과 퇴적된 비점 오염물질의 유출 등에 의해 BOD, COD, T-N, T-P 등이 높게 측정되었고, 반면에 6, 7월에는 증가된 유량과 하천자정능력 향상에 따라 수질농도가 약간씩 개선되는 것으로 조사되었다. 저니질 조사에서 특이한 사항은 COD 농도가 여름철에 급속히 증가하는 것으로 나타났다.

### (3)

식물은 자연 하천이 아닌 도시 하천에서 흔히 관찰되는 식물군이 출현하였으며, 특이종은 큰잎부들, 단풍잎돼지풀, 돼지풀이 발견되었다. 또한 본 시험구간 중 홍수에 의해 교란된 구간은 식생구조가 매우 단순화되어 있었다.

저서무척추동물은 총 3문 5강 11목 29과 57종이 채집·동정되었다. 서식 환경 조사 결과 저서동물 서식처가 많지 않았다.

육상곤충은 총 12목 47과 118종이 관찰되었다. 시험구간은 홍수 소통을 위해 하도 정비가 잘 이루어져 있어 수변 공간에서 식물이 서식할 수 있는 장소가 넓게 형성되어 있으나, 육상곤충류가 먹고 서식할 수 있는 식초가 많지 않았다.

포유류는 총 6종이 확인되었다. 특이종은 없었으며, 시험구간 중 1개의 조사지점에서는 너구리를 확인할 수 없었다. 이러한 원인은 주변 육상과 연계를 차단한 교통 시설과 인간의 간섭작용에 따른 것으로 판단된다. 조류는 총 7목 20과 50종이 확인되었다. 조류 분포와 특성을 기준으로 비교하여 본 결과, 시험구간은 먹이를 찾거나 휴식을 취하기 위해 일시적으로 거쳐가는 기착지로서 이용되며, 하천 내에 고정적으로 서식하는 종은 드물었다.

어류와 패류는 각각 3목 8과 21종과 4종이 확인되었다. 각 조사지점별로 종수의 차이가 많았으며, 우점종은 피라미와 붕어였다. 조사구간 하도는 표준 단면 형태로 정비되어 있어 어류의 은신처나 서식처(cover)가 부족한 상태이다. 양서·파충류는 특이종이 발견되지 않았으며, 무성한 갈대와 식생으로 인하여 다양한 종류의 생물이 서식할 가능성은 충분하다고 판단된다.

### 3)

시험하천에서 생물조사 방법은 국내 수변조사 기법을 정립하기 위한 연구로서 다양한 조사 기법을 적용하여 검토하였다. 생물조사 방법은 미국의 하천수변복원지침(FISRWG, 1998)과 영국의 하천수변조사기법(NRA, 1992), 그리고 일본에서 시행되고 있는 하천수변의 국세조사 매뉴얼(リバ-フロント整備センタ-, 1997)을 근간으로 학제간 전문가 연구진에 의해 국내 여건에 적합하도록 수정하였다. 국내 하천수변 생물에 대한 연구 및 조사가 충분하지 못하므로 수변조사 기법을 표준화하는데는 어려움이 많았다. 향후 생물조사의 분석과 평가는 물리·화학자료와의 상호 연계를 통한 서식처 환경에 초점이 맞추어져야 하며, 조사결과를 정량화하여 평가지표(종 다양성 평가지수, 종 풍부도 지수 등)로 활용할

수 있어야 할 것이다. 특히 이번 조사는 사실상 육상과 연계가 단절된 중규모 도시 하천을 대상으로 조사가 이루어졌으며, 향후 지형, 수문, 수리 등을 인위적으로 교란하지 않은 다양한 규모의 하천이나 자연하천에서 본 생물조사 기법을 적용하여 적합성을 검토할 필요가 있다.

## 2.

자연 친화적인 하천정비계획이란 정비 필요성이 대두된 하천에서 홍수피해 저감을 위한 정비목적을 달성하면서 가능한 한 자연에 가깝도록 계획하는 것이다. 이를 위해서는 하천에 대한 인간위주의 관점에서 하천을 자연으로 인식하고 그에 순응하는 방향으로 발상의 전환이 이루어져야 한다. 자연 친화적인 하천계획기법을 정립하기 위하여 하천의 자연성은 생태계 구조를 지표로 삼았고, 이러한 생태서식처가 충분히 보전·개선될 수 있는 방법을 모색하였다.

### 1) 가

과거 홍수 소통 능력 확보를 위한 치수 위주 하천정비사업에서 흔히 볼 수 있는 형태는 크게 자연하천에 존재하던 자연생태 환경을 인위적으로 제거하는 경우와 자연하천에 없던 구조물을 인위적으로 도입하여 건설하는 두 경우로 나누어 생각할 수 있다.

먼저, 인위적 제거에는 주로 굴착을 통한 하상 준설, 하폭 축소·확대, 하상 굴착 등이 있다. 이는 주로 홍수 통수능 확보 및 골재채취를 목적으로 시행되어 왔고, 결과적으로 하천내 서식 공간과 수목 제거를 통한 생태 경관의 훼손으로 이어졌다. 이들이 하천환경에 미치는 영향은 수생 서식환경의 파괴, 수리학적 저항의 변화로 인한 흐름형태의 변화 및 하상 불안정, 지하수위 변화로 인한 육역화의 가속 등을 들 수 있으며 대부분 하천 경관 및 생태계를 단조롭게 변화시킨다. 그림 7에서 9는 최근에 홍수 소통 능력 확보를 위해 정비되고 굴착된 하천의 사례이다. 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 무리한 저수로 준설 등과 같은 굴착사업은 하천환경을 극도로 악화시킨다. 하지만, 현재도 계획된 홍수 소통능력을 유지하기 위해 지속적인 굴착이 진행되고 있다. 여기서 주목할 점은 정비된 저수로를 다시 굴착하였지만 홍수를 겪은 후 다시 어느 정도 원래 하천 형태로 돌아가려는 모습이다.

인위적 건설의 예는 하천구역에 설치되는 제방, 호안, 횡단구조물 등을 들 수 있다.

도시지역에서 하천정비사업은 이용 공간 확보 등 경제적 이득을 위하여 하천을 일부 또는 완전 복개하여 그림 9와 같이 도로 및 주차장으로 사용하고 있다. 이러한 정비사업들은 대부분 자연하천이 갖는 연속성을 단절시키며 지형학적 다양성을 감소시켜 많은 서식환경을 손실되게 한다. 또한 그림 11과 같이 하천구역을 제외지로 강제로 축소 시킴으로써 생태계 서식 공간을 손실시키고, 과거 자연 흐름에 따른 범람원의 저류 및 지체효과를 상실케 함으로써 유역 하류에 홍수량 부담을 가중하여 더 큰 위험을 초래할 수도 있다.



( 7) ( , 2000 )



( 8) ( , 2001)



( 9) ( , 2001.6)





( 10)



( 11)

## 2)

하천의 자연환경을 최적 상태로 보전하기 위해서는 인간의 손길을 가하지 않고 그대로 보호하는 것이 가장 좋은 방법이나, 인간이 하천과 더불어 생활하고 있는 한 모든 하천을 단어 뜻 그대로 완전히 보호하는 것은 사실상 불가능하다. 역설적으로 하천계획을 수립한다는 자체가 하천에 대하여 일종의 변화를 가한다는 의미를 내포한다고 볼 수도 있다. 어느 정도의 변화가 불가피한 경우는 그로 인해 자연하천이 갖고 있는 특성이 損失되지 않도록 최대한 보장하는 방향에서 하천을 유도해야 한다. 따라서 자연 친화적 하천계획에서는 다음과 같은 자연하천이 갖는 대표적인 특징을 충분히 고려하여 수립되어야 한다.

## (1)

하천은 유량과 토사량, 식생, 에너지, 그리고 외부로부터 가해지는 영향 등 시간과 위치 여건에 따라 변화하며 스스로 자연 형태에 맞추어 모습을 형성해 나간다. 따라서 자연 친화적 하천정비계획 수립 과정에서 이러한 형성원인과 그에 따른 장래의 상태를 정확히 예측하는 것이 중요하며, 자연 생태계 서식처 제공을 위해 가능한 하천 형상의 고착화를 피하고 하천 스스로가 자연스럽게 형성(self-sustaining)되어 나가도록 유도하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히 저수로의 자연스런 변화는 최대한 존중되어야 한다.

## (2)

하천은 발원지에서 바다에 이르기까지 긴 띠의 형식으로 연결되어 있다. 하천을 흐르는 물과 유사한 이러한 연속성을 갖고 있으며, 또한 이러한 연속된 공간에 수생 생물들은 이동하면서 생활을 영위한다. 그리고 횡적으로도 수역에서 수제역, 홍수터, 제방, 하천인근의 토지로 연결되어 상호 영향을 주고 받으면서 하나의 커다란 생태계를 이룬다. 따라서 하천

---

계획의 기본 구상은 하천 상하류 및 좌우 연속성을 고려하여 수계단위를 바탕으로 수립되어야 한다.

(3)

하천은 다양한 모습을 갖고 있다. 하도 내에는 여울과 소, 사행, 사주 등의 형태가 자주 변하고 국부적인 작은 구간 안에서도 흐름의 완급과 수심의 고저가 존재하는 등 다양한 변화를 갖고 있다. 이러한 다양한 조건들에 맞추어 생물들은 자신들에게 알맞은 서식처를 찾아 생활을 영위해 간다. 그렇지만, 우리 인간 위주로 설정된 표준단면과 하도 직선화 등 전형적인 방법으로 하천계획을 수립하는 것은 결국 이러한 다양성을 잃게 되며, 그에 따라 서식처를 잃은 생물들의 소멸로 이어져 결국 자연을 빈약하게 만드는 결과를 초래한다.

(4)

하천은 오랜 세월을 두고 스스로가 위치한 곳에서 주변 조건에 맞게 형성되어온 자연의 일부이다. 같은 입력이 주어져도 그 입력에 대응하는 기구가 다르면 당연히 출력은 서로 상이한 결과로서 나타난다. 따라서 한 하천에 적절한 계획도 다른 하천에 적용하였을 경우 적절하지 않을 수 있다. 자연 친화적 하천계획은 반드시 대상 하천에 대한 철저한 조사·관찰·분석 등을 통하여 대상 하천에 적절한 계획이 수립되어야 한다.

3)

하천계획은 수자원 개발 및 이용, 각종 피해방지 및 저감, 환경기능의 회복, 하천과 인간 생활의 바람직한 조화 등을 기대하기 위하여 수립된다. 하천은 시간과 공간 변화특성을 갖고 있으며, 하천 주변을 생활 터전으로 삼고 있는 인간의 활동 등 지역의 인문·사회 상황과 밀접한 관계를 갖는다. 따라서 적절한 하천계획을 추진하기 위해서는 하천 유역전체에 대한 체계적인 검토를 통한 계획수립이 필수적이다.

엄격히 말해 자연, 사회적 조건에 따라 유역의 바람직한 모습을 설정하고, 유역전체에 대한 유출계획, 유사계획이 수립되어야 한다. 그리고 하천 및 유역보전을 위한 계획으로서 자연환경보전, 친수성 증대 및 하천수질·수량을 유지 개선할 수 있는 기본방침과 대책을 내용으로 하는 유역환경계획이 수립되어야 한다. 하천유역에 대한 종합 계획이 선행되지 않는다면 유역 상하류 특정지역에서 아무리 좋은 계획이 수립되었다고 할 지라도 상류의 상황변화에 따라 대폭적인 계획수정이 불가피한 경우가 종종 있다.

하천과 관련된 각종 계획들은 각각의 필요성에 의해 세워지며 각 계획들간에 일관성을 가져야 실효성을 거둘 수 있다. 일반적인 하천계획은 그림 12와 같은 절차를 통해 수립된다. 각종 하천계획을 자연 친화적으로 수립하여 시행하기 위해서는 계획준비에서 확정까지 단계에서 인문과 자연 환경요소를 고려할 수 있는 제도적 장치가 필요하다.

### (1)

하천이 갖고 있는 환경요소의 가치를 평가하고 보호할 수 있는 구체적 방법을 찾기 위해서는 學製間 전문가로 구성된 조직과 참여가 필요하다. 효과적인 자연 친화적 하천계획을 수립하기 위해서는 무엇보다도 해당하천서 현지조사가 필수이며, 또한 계획수립자가 현장에서 판단을 내려야 할 경우가 많이 발생한다. 따라서 각 분야전문가가 직접 참여하여 처음부터 끝까지 하천기술자와 공동으로 계획을 수립하는 것이 바람직하다. 또한, 전체 사업진행 과정에서 지역주민과의 협조관계를 유지할 수 있는 방안이 모색되어야 하며, 하천계획수립자는 사업시작 단계에서 대국민 홍보 및 교육을 통하여 공익을 실현시킬 수 있는 방안을 모색하여야 한다.

자연 친화적 하천계획을 수립하는 과정은 전체를 각각의 단계로 나누어 단계적으로 수행하며, 각 단계에서는 많은 현장 판단 과정이 포함될 수 있다. 하천계획이 바람직한 결과를 얻으려면 각 단계의 사업이 일관성을 갖고 진행되어야 하며, 하나의 팀이 전체 계획수립과정을 진행하는 것이 가장 바람직하다. 그렇지 못할 경우에는 각 단계를 연계시킬 수 있는 인원의 보장 등 일관성을 보장할 수 있는 대안이 필요하다.

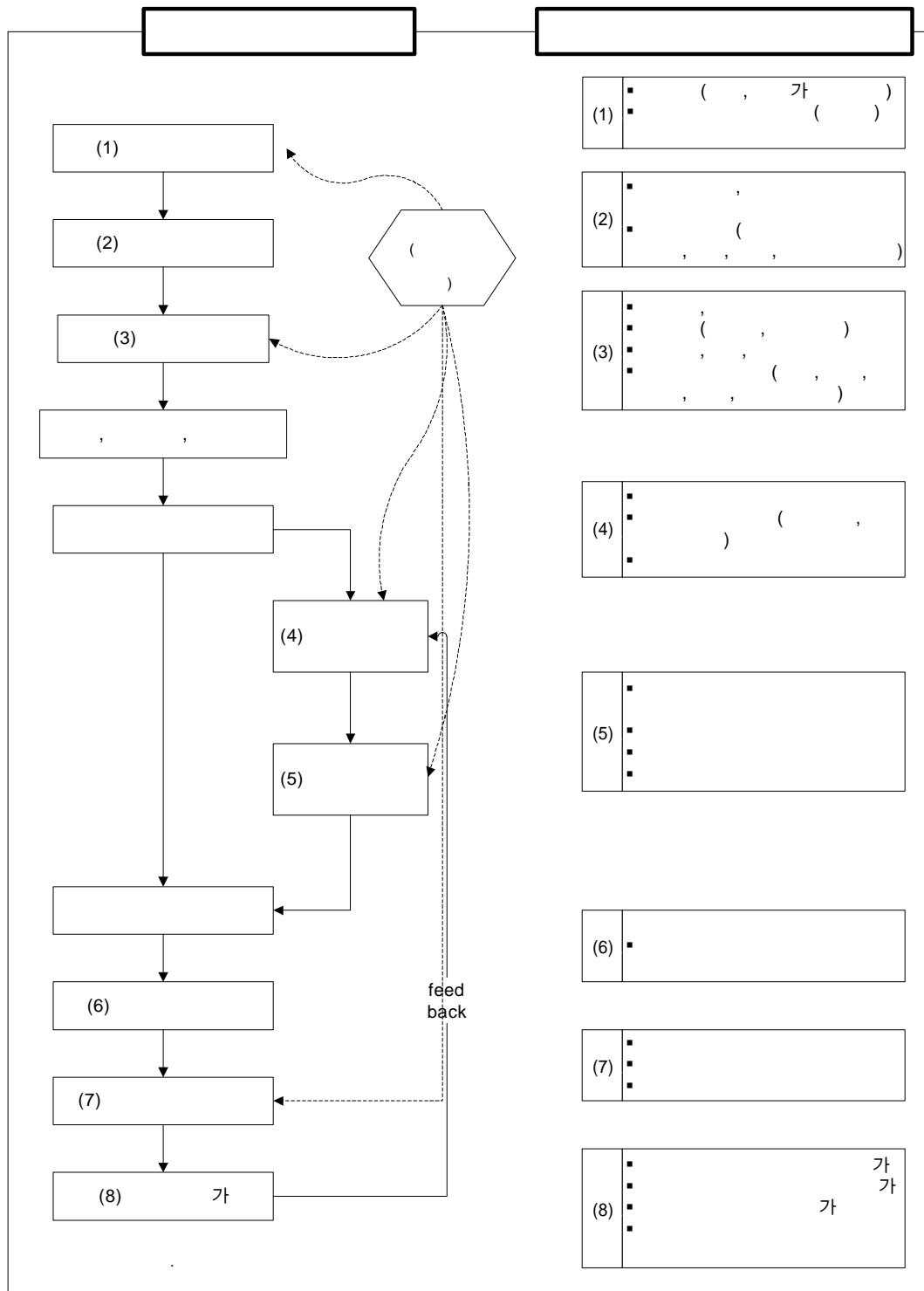
### (2)

물리, 화학, 생태 항목에 대한 수변 조사와 현장 계측, 주민 탐문 조사 등을 통해 현재 하천상황을 조사·분석하는 과정으로서 반드시 현장 답사를 통해 문제점과 대안을 모색하는 것이 바람직하다. 기존 자료와 조사 결과를 함께 비교·분석하여 현재 상황을 파악하고 앞으로 보전할 환경요소를 설정하여 사업방향과 세부목표를 설정한다.

### (3)

효과적인 자연 친화적 하천정비를 시행하기 위해서는 발생하거나 예상되는 문제점의 근본적인 원인을 규명할 필요가 있다. 우선 문제의 발생이 인위적인 영향에 의한 것이 아닌지 검토되어야 한다. 상당수의 정비사업이 유역 전체에 대한 체계적인 계획도 없이 다양한 기관의 주도아래 산발적으로 구간별로 이루어져 왔다. 이로 인하여 과거에 자연하천상태에서 정

비의 필요성이 없던 구간도 다른 구간의 인위적인 정비에 의해 문제가 발생하는 경우도 있다. 문제발생의 원인은 해당 구간뿐만 아니라 전체 하천의 관점에서도 분석되어야 한다.



( 12)

## (4)

하천사업의 필요성을 야기하는 문제의 원인이 규명되면 원인에 따라 적절한 해결방안을 모색하게 되며, 정비목표와 환경요소들이 서로 상충되는 경우 대안별 환경조건의 보전정도를 조정(보호, 완화, 대체 등)하여 환경피해를 최소화한다.

## (5)

하천의 선형이나 하폭 등이 변화되면 이에 따라 흐름도 변화되며, 이는 다시 원래의 흐름상태에서 유지되던 여울과 소, 사주, 침식·퇴적 정도, 소류력 등 하도 제반 특성의 변화를 가져오게 된다. 이러한 변화는 곧 바로 기존의 하천시설물 및 하천의 이용현황과 하천동·식물 서식처에 영향을 준다. 따라서 사업시행에 따라 발생하는 변화와 이에 따른 영향을 전체적인 시각으로 가능한 한 상세하게 예측하여야 한다.

## (6) 가

평가는 사업시행 결과에 대한 예측이 원래의 계획에서 추구하던 모습과 일치하는 가를 검토하는 과정이다. 즉 야기된 문제를 해결하면서 동시에 환경조건을 만족하는가 하는 것이다. 이 과정에서 문제의 해결 또는 환경고려에 미흡한 점이 있는 경우, 문제 해결을 위한 방향설정 단계로 되돌아가 새로운 방법을 모색하게 된다. 이러한 과정을 반복하여 문제 해결 및 환경조건 모두를 만족할 경우 사업은 확정되게 된다.

## 4)

자연 친화적 하천계획에서 사실상 중요한 것은 자연 생태계를 보전하거나 복원하면서 홍수피해를 최소화 할 수 있는 하도 계획을 수립하는 것이다. 자연 친화적 하도계획은 기존 하도 계획과는 다르게 하도 구역에 따라 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

## (1) ( )

- ① 해당하천의 원래 저수로 폭을 유지, 조성시에도 하천의 역동성을 고려하여 자연의 힘에 의해 조성되도록 유도한다.
- ② 현재의 횡단형을 존중하고 저수로는 가능한 한 보전, 불가피하게 확대하거나 축소할 경우에는 현행 횡단형태를 유지한다.
- ③ 하천의 원래 사행형태를 최대한 보존한다(그림 13 참조).

- ④ 하상유지공은 최대한 배제하는 것을 원칙으로 하고, 설치가 불가피한 경우는 수생생물의 이동과 서식 방안을 확보한다.
- ⑤ 여울과 소는 보전 및 재생하는 것을 원칙으로 한다.
- ⑥ 지천 및 수로의 합류부분은 수면과 하상의 연속성을 확보한다.

(2) ( , ecotone)

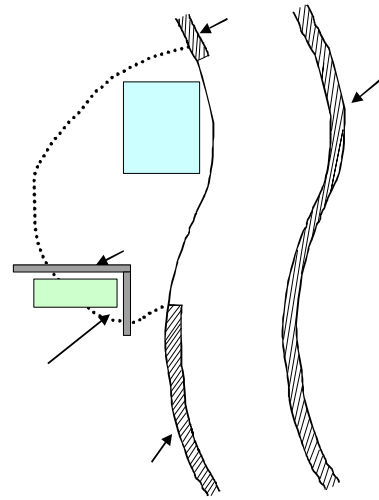
- ① 다양한 형상을 보전하며, 가능한 한 고착화를 지양하고, 외력을 감당하는 최소한의 방어를 원칙으로 한다.

(3) ( )

- ① 고수부지 샛강, 웅덩이, 하도습지 등은 최대한 보존한다.
- ② 제방 선형은 하천구역을 최대화하고, 하천 주변의 자연상황과의 인위적인 단절 지양한다.
- ③ 그림 14와 같이 제방 범선은 하천구역을 규정하는 구분선이 아니라 자연재해 방어를 위해 관리 범위를 결정하는 재해방어선(계획홍수위 구역 등)으로 전환한다.
- ④ 치수안전도에 따른 치수경제성과 수계전체에 대한 홍수량 배분계획을 충분히 고려하여 축제구간을 최소화하고, 필요한 구간에서 놀둑(霞提, open levee)을 적극 활용한다.
- ⑤ 가능한 한 완만한 제방경사를 원칙으로 하고, 하천형태를 존중하여 무리한 완경사는 지양하고 수제역의 다양성을 확보한다.
- ⑥ 하천변 숲을 보전·복원하는 것을 원칙으로 하고, 보전시 홍수의 유하능력 확보계획을 수립한다.
- ⑦ 제외지에 하천변 숲을 보전·복원하는 경우에는 제내지의 수립과의 횡방향 연결성을 확보한다.
- ⑧ 구제방이 존재하는 경우도 가능한 한 제방후퇴(set-back levee)를 통해 치수안전도를 높이고 생태 서식공간을 최대화한다.



( 13)  
(The River Brede, Denmark)



( 14)

### 3.

자연 친화적 하천정비는 기존의 치수 기능을 수행하면서 하천주변의 풍부한 자연환경을 가능한 손상하지 않도록 하는 하천정비사업이다. 그러나 하천정비의 규모는 매우 크고 단기간에 진행되므로 하천형태와 생태계에 큰 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 이와 같은 자연 친화적 하천정비사업은 사전조사와 공사중, 공사후 모니터링을 통해 그 미치는 영향을 최소화하고 효과를 검증할 필요가 있다.

모니터링은 해당 하천에서 수변조사 결과를 분석한 후, 설정된 목적과 목표의 달성도 확인 또는 자연 친화적 하천정비와 공법의 적용에 따른 예상치 못한 문제점 파악과 개선 및 대응방안을 구축하는데 주된 목적이 있다. 또한 향후 다른 하천에서 유사한 자연 친화적 하천정비 사업을 시행할 때 참고자료로 활용될 수 있어야 한다.

#### 1)

자연 친화적 하천정비사업에 도입된 공법이 하천환경에 미치는 영향을 조사하기 위해 시범 하천에서 모니터링을 수행하였다. 이에 따라 표 2와 같이 국내 실정에 적합한 모니터링 항목을 결정하고, 항목별 조사방법 및 시기, 횟수를 선정하였다. 특히 모니터링 기법의 적합성을 평가하기 위하여 1997년에 건설교통부 서울지방국토관리청에서 시행한 시범하천구간에 적용하였다. 시범 하천은 그림 15와 같이 경기도에 위치한 국가하천 오산천의 3

km 구간이다. 이 시범하천은 공사 전후 비교가 가능한 사전조사가 이루어지지 못하였다. 시범 구간에 적용된 자연 친화적 하천공법은 축제 및 고수 호안, 저수 호안, 여울 및 어도, 수제, 하도 습지, 하중도, 그리고 초지 조성 등이 있다.



( 15)

## 2)

유량 범위는  $0.175 \sim 1.891 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 갈수기 유량 변화가 큰 편이다. 그 원인은 시범구간 상류에 위치한 저수지의 방류량 조절 변화가 크기 때문이다. 수질은 생물화학적산소요구량(BOD) 기준으로 Ⅲ~Ⅳ( $3.0 \sim 8.0 \text{ mg/l}$ ) 등급을 나타내고 있으며, 중금속은 환경기준을 모두 만족한다. 공법 적용구간 전·후에 오염물질 농도 증감은 큰 변화를 나타내지 않았다. 그 원인은 하천자정능력 향상은 유하 거리가 매우 중요한데, 공법 적용 구간의 거리가 상대적으로 짧기 때문이다. 따라서 공법 적용에 따른 수질정화능력 파악은 앞으로 공법별 부착물 성상파악, 채수지점간의 체류시간을 고려한 수질조사 기법 등이 요구된다. 저니질은 환경부(1993) 기준을 초과하는 항목은 T-N과 As였으며, 나머지 저니질 항목은 기준치를 초과하지 않았다.

하천 구간의 지배 하상재료는 자갈이며, 시간변화에 따른 입경 분포 변화는 크지 않았다. 단지, 조사 기간에 큰 홍수가 발생하지 않아 조사 자료만으로 공법의 적합성을 파악하기는 어려운 상태이다.

수리학적 인자는 시범구간의 다양한 하도와 하천형태, 하상변동 및 세굴, 퇴적 등을 조사하고 각 공법에 따른 수리학적 영향을 조사하였다. 또한 각각 사진촬영을 통해 조사시기별 변화양상을 시각적으로 파악할 수 있게 하였다. 이 수리 모니터링 결과를 바탕으로 공법상의 문제점이나 개선 방향을 제시하였다.



&lt;표 2&gt; 시범하천에 적용된 모니터링 항목과 조사 방향

1. 수질, 유량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2지점 각 12회(1회당 6시간간격 2번)</li> <li>· 항목: BOD, COD, SS, PH, 대장균수, 전도도, T-N, T-P, As, Cd, Cr, Hg, Pb</li> </ul>
2. 저니질	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2지점 각4회(매 분기)</li> <li>· 항목: COD, 강열감량(IG-Loss), T-N, T-P, As, Cd, Cr, Hg, Pb 총량(표충부)</li> </ul>
3. 하상 재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 10지점 × 월 1회(12회)</li> </ul>
4. 홍수량 측정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주요홍수(최소5회이상의 홍수사상) 포함 12회 이상(유량변화가 큰 경우 2개소)</li> <li>· 50cm간격이내(갈수위, 저수위, 평수위, 풍수위, 홍수위)</li> <li>· 수위/유량 곡선식 개발</li> </ul>
5. 형태와 하도 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 홍수사상 2개 전후로 각1회</li> <li>· 형태 : 평면, 종 · 횡단형</li> <li>· 하도 : 여울과 소, 사주, 수제&lt;물가&gt;, 하도 침식과 퇴적, 기타&lt;저수로와 고수부지 특성&gt;</li> </ul>
6. 수리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 유속, 수위, 수심</li> </ul>
7. 수문	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수문, 강수량, 증발산량, 유량, 과거홍수기록</li> </ul>
8. 수리 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 홍수흔적</li> <li>· 적용공법의 수리적 대응도 및 안전성</li> <li>· 호안의 하단, 중단, 상단부의 수리적 변모과정</li> <li>· 기타시설의 세굴 퇴적, 침식</li> <li>· 하도 지형 및 중횡단(평시, 홍수시)변화와 상 · 하류 수리적 영향 분석</li> <li>· 식물 적용부와 그 주변, 보전지역의 변화</li> <li>· 유지관리</li> </ul>
9. 생태계 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 계절별 각 1회(여름철 2회)</li> <li>· 어패류, 양서파충류, 저서무척추동물, 곤충, 조수류, 식물(수중, 수제, 수변)</li> <li>· 생태계 구조와 기능</li> <li>· 수변토지이용, 수변의 인문사회적 특성, 친수경관 특성</li> </ul>
10. 사업 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업 효과 평가</li> </ul>

### 3) 가

오산천 시범하천에서 모니터링 결과를 정리하면 다음과 같다. 시범하천의 사업시행은 유역단위의 종합계획이 없는 아쉬움이 있으나, 하천환경관리계획을 선행실시하고 구간별 세부설계를 수행한 것은 바람직한 한 것으로 본다.

향후 세부설계에서는 급류부, 완류부 하천 등 하천특성에 적합한 설계와 비대칭형, 개방 공간, 환경사형, 이동상 특성, 전구간보다는 개선 또는 복원, 보전부분으로 구분하여 설계 할 필요가 있다. 특히 하천내 수질 개선을 위한 인위적인 시설 배치보다는 자정능력을 증대시킬 수 있는 공간을 조성할 필요가 있다. 또한, 학습, 관찰, 탐방기능 및 관리 기능과 산

책 기능을 겸비한 통로반영, 학습 시스템 및 관리 시스템의 홍보관, 안전 및 학습 표지판을 반영할 필요가 있다.

가능하면, 공사 전·중·후 모니터링을 실시하여 설계 변경 등을 합리적으로 조정 반영할 필요가 있다. 이번 사업에서는 공사 전·중의 모니터링을 시행하지 않았기 때문에, 수리 및 생태계 모니터링 효과를 비교 분석하기에는 어려움이 있었다.

## 5

건설교통부에서는 1990년도부터 하천환경의 보전 및 복원을 위한 하천환경관리계획을 조사하여 그 시행 방향을 꾸준히 검토하여 왔다. 그러나 이에 대한 구체적인 시행 방향과 관련 기술 개발의 부진으로 하천환경사업이 구체화되지 못하였다. 1994년도 이후 자연형 하천설계기법 개발, 자연형 공법 개발 및 적용, 오염하천정화사업의 시행 등 기초 기술 축적을 위한 연구 조사 사업 위주로 시행되어 왔다.

1997년 이후 이 기술을 하천에 바로 적용하여 적합성을 검증하고 구체화하기 위해 하천환경정비시범사업이 시행되기 시작하였다. 특히 2000년 이후는 홍수피해 저감과 하천 생태계를 고려한 하천정비기법으로 자연 친화적 하천정비사업을 추진하고 있다. 여기서는 건설교통부에서 하천환경관리계획에 따라 시범사업으로 시행되고 있는 자연 친화적 하천정비 및 복원 사업(엄격히 말하면 하천환경정비사업에 해당됨) 중에서 경기도 안성천의 지류 오산천, 전라북도 섬진강 지류인 경천, 그리고 경기도 한강의 경안천 사업을 소개하고자 한다. 이 3개 하천의 위치도는 그림 16과 같다.



( 16)

3

1.

1)

오산천은 서해로 유입되는 안성천의 지류이다. 하천 유역 상류는 최근에 급격한 도시화가 진행되고 있다. 이 하천은 대상 구간 상류에서 유입되는 오염부하가 하류에 직접 영향을 미치고 있다. 이에 따라 하천정비로 폐쇄된 기존 습지의 보강 및 보전, 조성된 습지의 자연정화 기능 향상, 자연형 제방 축조, 지류 정비, 농업용 보의 개량을 통한 하천환경의 연속성 확보, 그리고 하천생태계를 복원할 필요가 있는 하천으로 조사되었다. 조사 당시 오산천의 환경특성과 문제점은 다음과 같다.

- 갈수시 수질오염이 심각
- 낙차공, 취수보에 의한 생태통로 단절
- 골재채취 및 광역상수도 공사로 고수부지 훼손 심각
- 하상이 단순한 평행구조로 생태기능 열악
- 우안 제내지에 복원 가능한 습지 위치 (생태거점의 훼손 심각)
- 상류 저수지의 유지유량(0.8m<sup>3</sup>/s) 단절
- 수질(BOD) : 3.0~5.0mg/ℓ (이상 갈수시에는 8.0 mg/ℓ 이상)

2)

오산천 하천환경정비사업의 기본 방향은 하천환경 보전 및 복원의 시행 방향을 구체화하기 위해 ‘자연형 하천공법의 시범 적용’, ‘지역 주민과 함께 하는 하천’, 그리고 ‘생태 습지 복원 및 홍수 완화’ 등에 두었다. 특히, 오산천 상류의 용인시, 화성시, 인근의 오산시, 그리고 평택시 등 4개시에서 도시개발에 인한 하천공간 훼손 및 수질오염과 상류 저수지에서 하천유지유량 단절로 열악한 생태환경을 개선하는 것이 주된 목적이다. 이에 따라 1997년 건설교통부 서울지방국토관리청은 “오산천 하천환경정비사업” 시행하면서 국가하천 구간 15.3km에 걸쳐 시범사업으로 여러 가지 공법을 시도하였고, 그 영향을 계속 모니터링하고 있다.

3)

오산천에서는 돌망태, 식생을 이용한 복합호안 등으로 고수호안 및 저수호안을 조성하고 수제형 수충부 저수호안으로 생태조건을 개선하였다. 옹벽을 제거하여 생태통로를 확

보하고 어도의 설치로 연속성을 확보하였으며 1:10 경사의 완경사제방으로 접근성을 높였다. 하도습지 및 하중도, 여울 등의 조성으로 다양한 생태서식처 구조를 유도하였다. 적용된 공법중 여울의 예를 들면 다음과 같다.

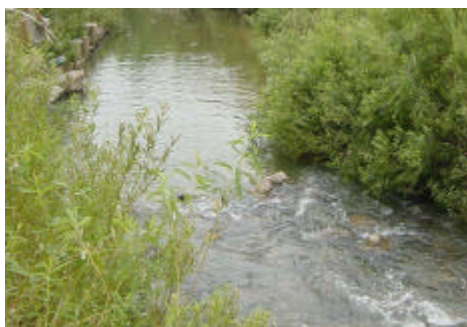
주요 재료는 거석, 잡석, 고정말뚝( $\phi 100$ ), 그리고 버드나무 가지를 사용하였고, 사면경사는 1:3~1:4 정도이다. 주요 기능은 ① 유수의 폭기작용 유도(수질정화, 자연경관, 친수성), ② 부착조류 형성 및 산소공급으로 어류의 먹이 제공, ③ 상·하류측 말뚝 설치로 토사 흡출에 의한 돌 유실 방지, 그리고 ④ 어류의 산란 및 피난처 제공 기능 등이다. 이와 같은 기능 달성을 위해 오산천에 적용된 공법 중 하나인 여울의 공사전후 변화 양상을 살펴보면 그림 17과 같다.



(c) 시공후 2년



(a) 시공후



(d) 2001년 모습



(b) 시공후 1년

( 17)

## 2.

### 1)

경천은 국가하천 섬진강의 지류인 지방 2급 하천이다. 경천은 이미 완료된 수계치수사

업, 이수계획 외에 하천의 환경보전과 이용에 관한 사항을 조사 분석하여 1999년 9월에 전체 구간중 1차로 10km에 대해 하천환경관리계획을 수립하고, 그 중 1.5km에 하천환경정비 사업을 시행하였다(건설교통부 익산지방국토관리청, 1999). 이 계획의 수립 배경이 된 환경 특성과 문제점은 다음과 같다.

- 상류 저수지에서 하류 유지유량의 단절로 건천화 및 생태 서식 환경 악화
- 고수부지 주차장, 시멘트 호안, 제방 포장으로 하천변 서식환경 공간 훼손
- 보 등에 의한 생태 통로 단절로 상하류 연속성 차단
- 하천 골재의 무리한 채취로 생물 서식 공간 파괴
- 이 밖에 생활 및 공업 용수 유입으로 수질 악화 등이다.



( 18)

## 2)

경천의 하천환경기본계획에서 추구하는 기본 이념은 ‘자연을 우선하는 정책’, ‘자연이 만드는 공간’, ‘자연과 공생하는 활동’에 두고 있다. 정비 주제는 ‘맑고 푸른 경천 가꾸기’이고 정비 목표는 단기적으로 ‘생명력 있는 경천 정비’와 중장기는 ‘자연 그대로의 관광자원화’로 설정하였다. 이에 따라 정비 기본 방향은 ① 보전 가치가 있는 구간은 보전 계획, 복원이 필요한 구간은 정비, ② 자연 하천의 고유 매력 유지, 자연과 조화를 이루는 정비, ③ 하천 특성에 맞는 다양한 자연 재료와 환경 공법의 도입, ④ 다양한 수변 공간의 창출, 하천의 연속성 고려, ⑤ 효과적인 하천환경관리가 가능한 계획 수립, 그리고 ⑥ 하천을 주민과 관이 직접 참여, 관리할 수 있는 체계 확보에 두고 있다.

결과적으로, 기본 목적은 하천공간이 상당부분 훼손되어 있고, 생태통로가 단절되어 열악해진 생물서식기반을 개선하여 생명력 있는 경천으로 복원 및 보전하고 주민에게 쾌적한 열린 공간을 제공하고자 하였다.



3)

그림 19에서 보는 바와 같이 기존의 고수부지를 자연 하천으로 복원하였다. 경천에서 중요한 사회적 이슈는 전국 최초로 하천내 주차장을 철거하여 하천생태 서식공간으로 복원한 점이다. 이에 따라 고수부지에 실개천을 조성함으로써 다양한 수생생물의 서식이 가능하도록 하였다. 또한 대표어종에만 국한되지 않고 어류의 서식기능을 최대한 고려하는 수로형 어도를 설치하였다.

저수 호안은 수충부에는 방틀, 망태공법 등 견고한 공법을 사용하고, 비수충부에는 식생공으로 배치하여 경제성과 환경복원을 고려하였다. 치수 안정성 문제로 부득이한 경우를 제외하고는 가급적 작은 규모의 돌을 사용하여 획일적 시공요인을 배제하였다. 산책로, 돌계단, 통나무계단 등으로 친근감 있는 하천공간을 조성하였다.



(1) 2001 3 13



(2) 2001 4 26



(3) 2001 6 2



(4) 2001 7 2

( 19)

### 3.

#### 1)

경안천은 한강 하류 수도권의 수환경에 가장 큰 영향을 미치고 있는 하천중의 하나로서 현재 치수와 이수, 환경 관리상의 문제점은 다음과 같다. 이 문제점의 일부를 그림으로 보면 그림 20과 같다.

- ❖ 치수 분야 : 계획 홍수의 제방 월류, 수충부 유실 우려, 취수보에 의한 수위 상승, 하상과 유역에서 유사량 과다 생산 등이다.
- ❖ 이수 분야 : 수질오염에 의한 농업용수 오염, 하상 저질 퇴적에 의한 취수기능 저하 등이다.
- ❖ 하천환경 분야 : 수환경 측면에서는 오염 방류수의 유입, 유역 통합 수질 감시망 부재, 농약과 비점오염원에 의한 수질오염 등이다. 생태환경 측면에서는 하천 역동성 공간 소멸, 하천내 각종 공사로 수생식물 등의 훼손, 생태 통로 단절(취수보, 천변도로, 비환경적 호안), 콘크리트 호안으로 추이대 파괴, 치수상 불안정한 호안부, 그리고 수질오염 및 쓰레기 산재 등이다. 환경 관리 측면에서는 낚시행위, 쓰레기 투하, 농약, 기름유출 등 비점오염, 홍수시 처리장으로부터 오·폐수 무단 방류, 수림대의 획일화(침엽수 중심의 치산), 주차장, 천변도로 포장, 쓰레기 처리 및 쓰레기, 폐기물 등 투하 문제 등이다. 특히 폐천 부지(국유지)의 농지화, 인허가 및 하천환경 관리상의 문제점 등이다.

이와 같은 여건에 따라 대한민국정부는 물관리종합대책을 추진하면서 “한강수계 주민이 안심하고 마실 수 있는 깨끗하고 안전한 상수원 수질 확보”를 위해 『팔당호 등 한강수계

상수원 수질개선특별대책(대한민국 정부합동, 1998)』을 수립하였다. 이 대책은 1998년부터 2005년까지 수도권 상수 공급원인 팔당호 수질을 1급수로 개선하며 대상 지역은 잠실 수중보 상류의 한강수계 및 임진강 수계가 해당된다. 특히, 팔당호 유입지천 중 오염 부하량이 많은 경안천의 하천환경정비사업을 건설교통부가 추진하도록 국무총리실에서 세부 추진계획을 시달하였다.

건설교통부는 현재 하천환경정비시범사업으로 추진중인 오산천과 연계하고, 지속적인 모니터링을 통한 우리 하천에 적합한 자연형 하천공법 개발·보급을 위하여 “경안천 하천환경정비사업”을 조사하여 계획을 수립하고 현재 공사중이다.



(a) 하천내 수질 오염



(b) 상류 난개발과 토사유입



(c) 경안천 저수 호안과 추이대의 하천환경

( 20)

## 2)

경안천에서 하천 환경 보전과 적절한 이용에 관한 사항을 조사 분석하여 “자연 하천이 지닌 하천의 역동성을 고려하면서 치수 안전성을 확보하고, 생물에게는 친근하면서 인간



에게는 아름다운 경관을 제공하는 하천”이 조성될 수 있도록 계획을 수립하여 시행하고 있다. 특히, 팔당 상수원으로 유입되는 하천 중에서 수질오염이 가장 큰 하천으로서 하천의 자정력을 증대시켜 생태기능 개선은 물론 수질정화에 기여토록 하고 상류 용인시 및 지류하천의 훼손과 수질오염이 심각하여 이를 개선토록 하는데 있다.

경안천 하천환경사업의 기본 이념은 ‘청정 자연 문화의 실현’이고, 정비 주제는 ‘생명력 있는 하천 가꾸기’이다. 주요 지표와 목표는 현재 서식하고 있는 12개 이상의 한국 특산어종이 서식할 수 있도록 하천 생태 서식처 및 수질을 개선하며, 하천구역내 저류 및 생태 공간을 복원하며 갈수량을 증대시키는데 있다.

### 3)

앞 2개 사업과는 달리 경안천은 비교적 큰 하천임을 고려하여 수질 개선과 수량 확보를 위한 수환경계획, 하천생태 서식 환경 조성을 위한 하천환경정비계획을 통합 망라한 하천 환경관리계획이 수립되어 시행중이다. 이 계획에서는 경안천 생태 영향권을 서식하는 생물과 직접 관련이 있는 직접 영향권, 지대한 영향을 미치는 인접 영향권, 그리고 간접 영향을 미치는 간접 영향권의 3개로 분할하였다. 그 기준은 어류 이동 및 비행하는 철새 이동 범위를 간접적으로 고려하고 동시에 텃새 등 주변 동물의 생태 먹이 사슬의 지위를 복원하는데 큰 의미를 두었다.

#### (1)

설계는 영향권별 특성을 조사하고 최소한의 공법으로 그 효과를 도모할 수 있는 방향에서 설계하였다. 이에 따라 총 7개 구간(보전, 보전 및 복원, 개량 및 신규 정비 구간으로 구분)으로 블럭을 설정하고, 세부구간은 좌안에서 19개, 우안에서 18개로 세그먼트화 하였다. 각 구간은 지형과 생태계, 하천관리 특성을 고려하여 구분하였다. 특히 각 구간의 환경 정비 주요 관점을 다음과 같이 설정하여 7개 구간별 정비 방향을 설정하였다.

- ❖ 꼭 필요한 구간만 환경 정비(복원, 개량, 신규정비)
- ❖ 생물 지위를 고려한 정비 : 어류 → 수중생물 → 식물 → 곤충 → 조류 → 육상동물의 지위 순서 고려
- ❖ 하천내 이용 공간(위락 등) 최소화 : 하천의 생태 환경 지위와 성역화
- ❖ 표준단면 형식 지양 (다양한 생태적 공간기능 부여)
- ❖ 대규모 석재 사용 지양 및 가급적 식생공법 또는 식생 자생 유도

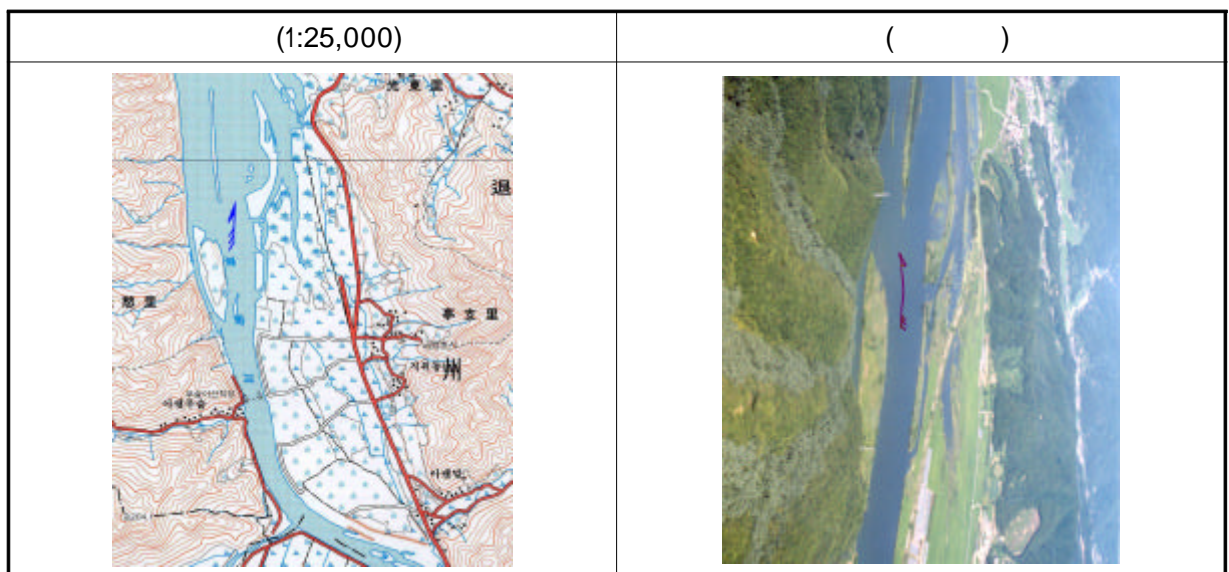
❖ 수리 특성별 정비

정비방법	석재, 통나무, 식물재워기	식생호안	식생호안 또는 자생유도(존치)
비 고	치수적 안전도가 우선된 생태기능 호안	치수안전도 + 생태기능 극대화	생태기능 극대화

(2)

경안천 하천환경정비사업은 기존 사업과는 몇 가지 중요한 차이점이 있다. 먼저 사전 조사와 체계적인 하천환경관리계획을 망라하여 계획이 수립되었다는 점이다. 그리고 하천에서 과거 하천정비후 발생한 제내외지(폐천 또는 점용 부지) 하천공간을 습지 생태원으로 재생하는 대표적인 사례라는 점이다.

습지는 육상생물과 수중생물의 상존 장소이며, 생물 종류가 풍부하고, 동시에 추이대(ecotone)를 형성하며, 미세입자의 퇴적 및 용해성무기염류 흡수하거나 용해성유기물을 공급한다는 점이다. 이로 인해 습지의 가치는 홍수류의 지체 및 저류를 통한 홍수 조절 기능, 하천 수질정화 기능, 갈수기 유량 증대, 그리고 야생 동식물의 서식지 제공 등이 이루어져 생태학적으로 대단히 유용하다는 점이다. 이에 따라 1993년 건설부 서울지방국토관리청에서 제방을 축조하여 폐천화한 구간을 습지 생태원으로 재생(rehabilitation)하는 사업이다. 이 지역은 그림 21에서 보는 바와 같이 면적이 약 2.1 km<sup>2</sup>에 이르며 지금까지 농경지와 일부 습지로 유지되어 왔다.



( 21)

이번 습지 복원 사업의 기대 효과는

- ❖ 팔당호 상수원 수질오염 개선에 기여
- ❖ 단절된 생태거점의 연결은 생물 서식거점 완성(생태계 재생, rehabilitation)
- ❖ 방치된 천변 잔존 습지의 기능회복 및 자연공간의 선진적 활용가치
- ❖ 기존 자연자원을 활용한 고부가가치의 창출(지가상승, 소득원화)
- ❖ 모범적인 하천환경 정비사업의 Model화로 타사업 선도
- ❖ 선진적이고 모범적인 하천환경 관리 사례
- ❖ 지구 온난화 방지
- ❖ 후손을 생각하는 모범적 사업 사례화 등을 들 수 있다.

## 6

장래 쾌적한 국토 환경 형성과 더불어 자연 생태계의 보전 및 복원은 우리 세대가 후손에게 물려주어야 할 중요한 사명이다. 특히, 하천법을 효과적으로 시행하고 동시에 Agenda 21에 따라 금수강산 보전과 함께 지구 환경 개선을 위해 국내 하천특성에 적합한 하천환경의 보전과 복원 기술이 요구된다. 이와 같은 사회적 요구에 따라 향후 하천정비는 치수상의 안전성을 확보하면서 하천 본래의 환경을 최대한 보전할 수 있도록 자연 친화적으로 수행되어야 한다.

자연 친화적 하천사업이 성공하려면 하천에 대한 충분한 조사자료 구축, 하천 형태에 따른 수리해석과 유사 거동, 생태서식처의 수리학적 영향 해석, 2차원 이상의 수리해석기술 향상 등 많은 선행 여건을 통한 설계 등이 충족되어야 한다. 아직까지 국내외 여건은 이를 만족할 수준의 기술이 이루어지지 못하고 있다. 따라서 각 분야의 지속적인 조사를 통한 자료구축과 체계적인 연구사업이 추진되어야 할 것이다.

그러나 홍수피해 저감을 위한 하천정비사업은 지속적으로 시행되고 있다. 하지만, 모든 제반 여건이 다 갖추어지길 무작정 기다린다면 향후 정비된 하천을 다시 복원시켜야 하는 문제가 대두될 가능성이 높다. 따라서 국가재원의 낭비를 최소화하기 위해서는 현 상황에서 가능한 최대한의 기술과 추진 방향을 고려하여 효율적인 방법으로 연구조사와 자연 친화적 하천정비사업을 병행해 나가야 할 것이다.

---

< >

건설교통부 (2001), 자연 친화적 하천정비기법 개발 보고서, 건설교통부

건설교통부 (2001), 자연 친화적 하천관리지침, 건설교통부

건설교통부 서울지방국토관리청 (1997), 오산천 하천환경정비사업 실시설계 보고서, 건설교통부 서울지방국토관리청, 서울.

건설교통부 익산지방국토관리청 (1999), 섬진강 수계 치수사업 실시설계(8차) 하천환경관리계획 및 하천환경정비사업 보고서, 건설교통부 익산지방국토관리청, 익산.

건설교통부 서울지방국토관리청 (2000), 경안천 하천환경 정비사업 실시설계 보고서, 건설교통부 서울지방국토관리청, 서울.

건설부 (1993), 1993년도 하천환경관리기법개발연구·조사보고서 하도환경정비 기초 조사·연구, 한국건설기술연구원

건설부 (1994), 1994년도 하천환경관리기법개발연구·조사 보고서, 자연형 하천계획기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사·연구, 한국건설기술연구원

건설성 토목연구소 (1996), 중소하천의 개수와 하천의 자연환경

대한민국 정부합동(1998), 팔당호 등 한강수계 상수원 수질개선특별대책, 국무총리실 수질개선기획단, 서울.

리버프론트정비센터(1998), 중소하천의 다자연형 강만들기-하도계획의 기초기술-, 중소하천에서의 다자연형 강 조성 연구회.

한국수자원학회 (2000), 하천설계기준, 건설교통부 수자원국 승인, 서울.

환경부 (1993), 팔당호 퇴적물준설사업 기본설계보고서, 환경부.

Federal Interagency Stream Restoration Working Group, FISRWG (1998), Stream Corridor Restoration - Principles, Processes, and Practices.

National Rivers Authority (1992), River Corridor Surveys : Methods and Procedures. Conservation Technical Handbook No. 1. NRA, Bristol.

US Army Corps of Engineers (1989), Environmental Engineering for Local Flood Control Channels, EM 1110-1205

리버프론트整備センター, (1997), 河川水邊の國勢調査マニュアル, 河川版(生物調査編), 平成9年度版

4



( )

	1	/ 129
	2	/ 131
	3	/ 136
4	(Pooled Data Analysis)	/ 142
	5	/ 145
6		/ 148

---

( )

# 1

## 1.

- 현재 수자원정책을 수립하는데 가장 중요한 기초자료인 수요추정에 대한 이견으로 수자원정책의 기초가 흔들리는 상황임
  - 지금까지의 수요추정을 보면, 공학적인 차원에서 원단위 개념을 통한 수요추정으로 과대추정에 대한 논란이 계속되고 있고,
  - 환경적인 입장에서의 수요추정도 부분적(일과성)으로 이루어지고 있으나 이들의 대부분은 수요관리의 강조로 추정된 수요에 대하여 합의가 이루어지지 않고 있음
- 따라서, 합리적인 물 수요분석과 이에 따른 수요 및 공급관리에 관한 수자원 정책방향의 설정이 요구됨

## 2.

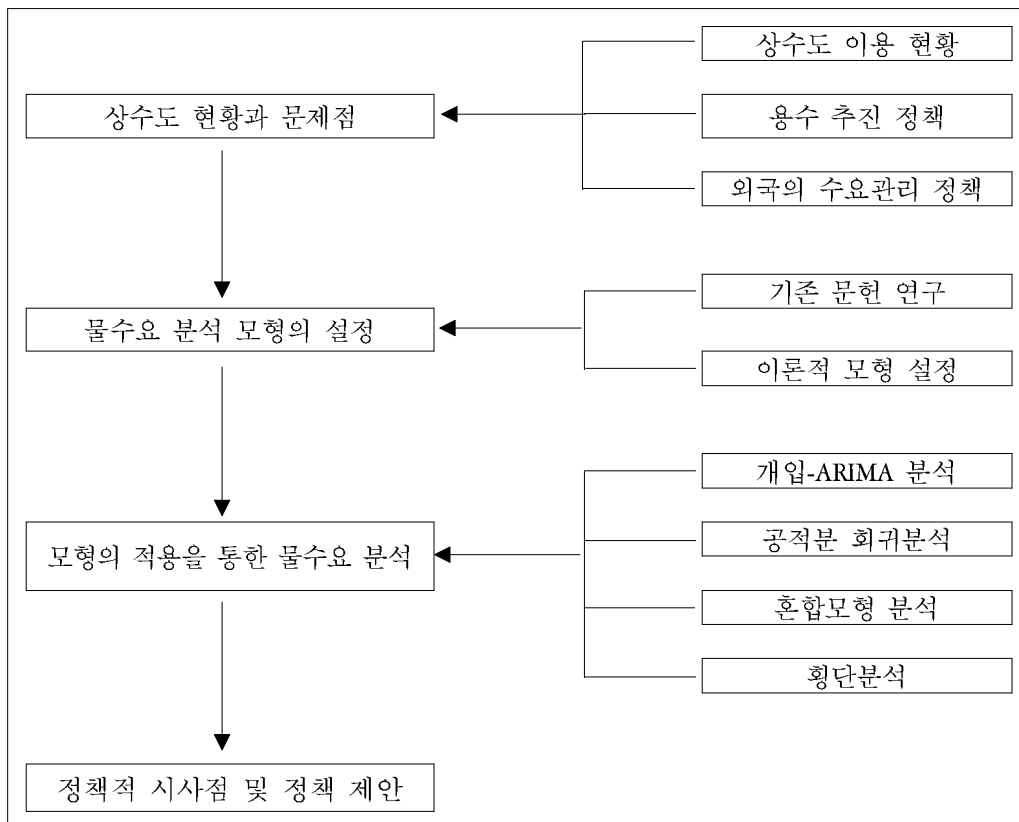
- 연구의 목적은 크게 두 가지임
  - 하나는, 장·단기 물 수요예측을 할 수 있는 방법 및 물 수요분석 모형을 통한 물 수요에 미치는 경제변수들을 파악하는 것이고,
  - 다른 하나는 여기서 분석된 결과를 통하여 기존의 수자원정책의 문제점을 도출하여 보다 합리적 수자원정책방향을 제시하는 것임
- 연구의 범위는 수자원 중에서 농업용수와 공업용수를 제외한 생활용수로 한정하고자 함
  - 농업용수 및 공업용수의 수요추정에는 현실적으로 기존 용수수요에 대한 자료의

구득이 불가능하여 물 수요분석이 어려운 실정임

- 생활용수의 경우도 합리적 수자원정책의 수립에 필요한 물 수요분석을 위하여 전국의 모든 도시를 대상으로 하는 것이 아니라 대상 지역을 대도시, 중소도시, 농어촌 지역 중에서 생활용수 수요특성을 대표할 수 있는 5개 도시(서울, 대구, 청주, 원주, 남원)로 한정하여 분석하고자함

### 3.

- 생활용수 수요추정을 위한 방법론으로는 시계열 자료를 이용한 계량모형으로 하고, 설문조사를 통한 횡단분석자료를 병행하여 이용하고자 함
  - 월별자료의 경우는 자료 구득상의 한계로 단변량 개입-ARIMA분석 모형을 이용
  - 년도별 자료는 설명변수로서 경제변수를 이용하여 다양한 계량모형으로 분석(공적분 회귀분석, 혼합모형)
  - 설문조사를 통한 횡단 분석은 통계적 신뢰도를 높이기 위하여 SUR모형을 이용하였음



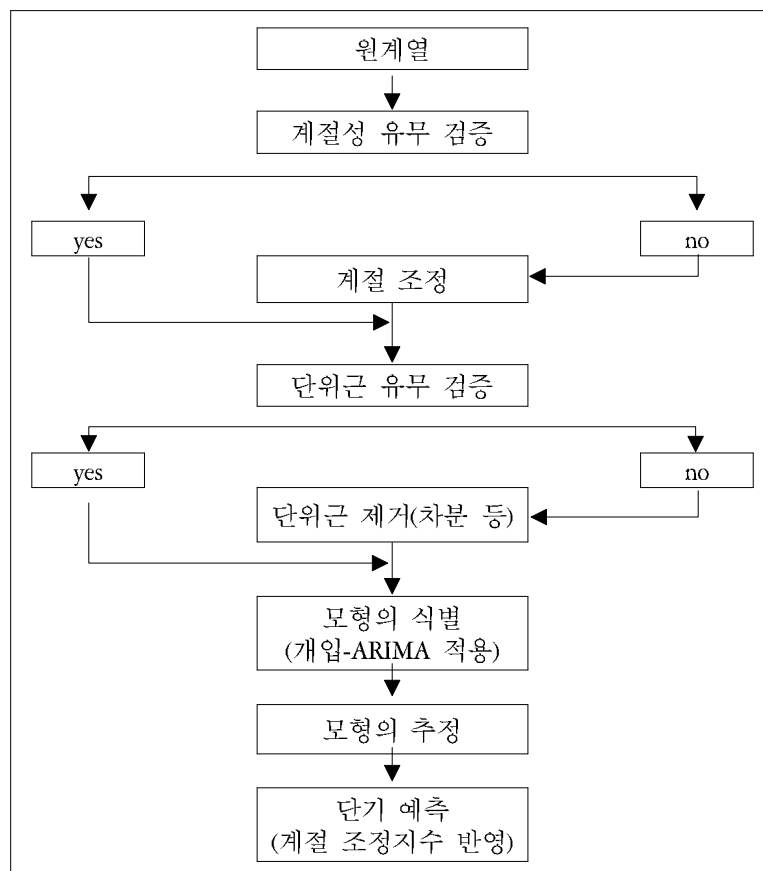
( 1)

## 2

### 1. - ARIMA

#### ○ 분석방법의 설명

- 월별 자료를 이용할 경우에는 설명변수로 사용될 수 있는 변수의 구득이 불가능하여 단변량 자료를 이용한 ARIMA(계절성 포함)모형으로 추정하였음
- 모형 추정시 외부의 충격이나 사회·경제적 여건의 변화에 따른 영향을 분석하기 위하여 개입분석(intervention analysis)을 포함하였음
- 개입분석은 어떤 사건이나 충격이 시계열의 성격(주로 평균값)을 바꿀 때, 그 효과의 크기와 효과의 지속성 등 사건과 충격의 영향을 분석할 수 있는 기법중의 하나임
- 본 연구에서는 개입분석을 통해 '90년대 중·후반기에 발생한 생활용수 수요의 구조변화를 확인하고, IMF경제위기가 생활용수 수요에 영향을 미쳤는지를 분석하기 위하여 사용하였음



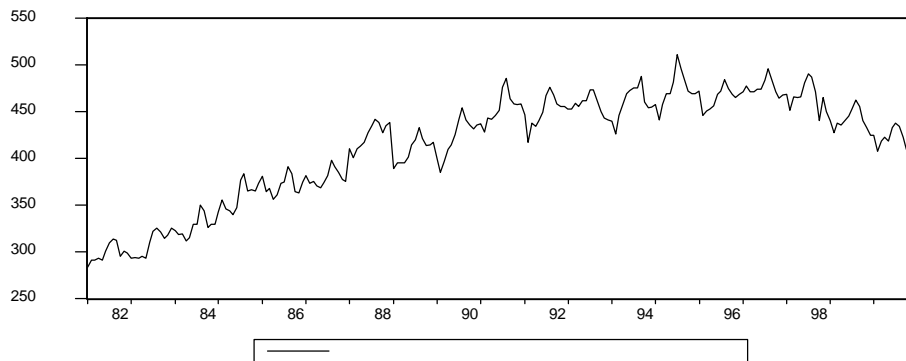
( 2) ARIMA



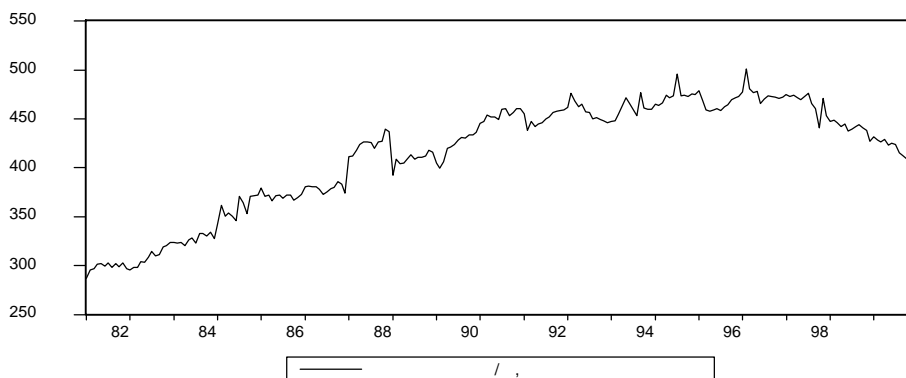
## 2.

## 1)

- 다음 그림에서 보듯이 월별자료에는 계절성(seasonality) 뚜렷이 존재하므로 본 연구는 X-11(multiplicative method)에 의해 계절성을 제거



( 3)



( 4)

- 계절조정된 계열의 안정성을 검증하기 위하여 ADF검증(Augmented Dickey Fuller Test)을 하였음
- 그 결과 <표1>에서 보듯이 모든 결과가 계절조정 변수에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각하지 못하므로, 계절조정 시계열은 불안정적 계열로 판단됨
  - 따라서, 계절조정된 시계열을 일차분하여 ADF 검증을 한 결과 시계열은 안정적으로 판명되었음

< 1>

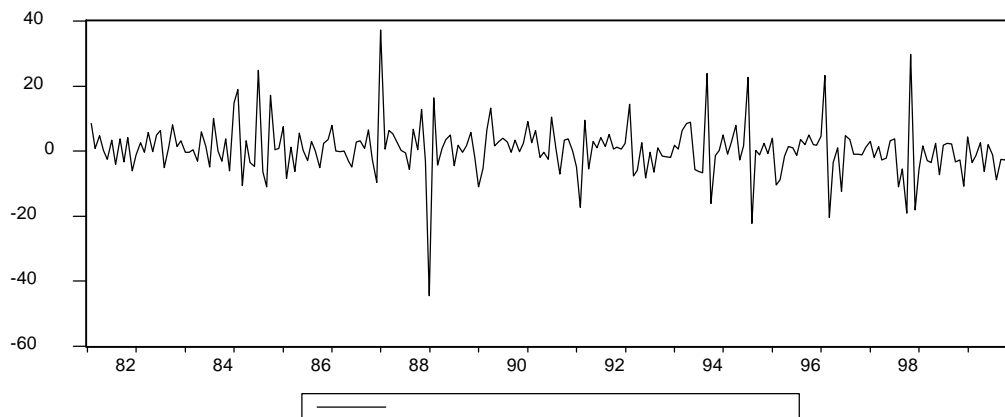
(1981 - 1999)

(lag 4)	ADF Statistic	Critical value for rejection of unit root		
		1%	5%	10%
상수 · 추세항 제거	1.02	-2.57	-1.94	-1.61
상수항 포함	-2.27	-3.46	-2.87	-2.57
상수 · 추세항 포함	0.30	-4.00	-3.43	-3.14

< 2>

(1981 - 1999)

(lag 4)	ADF Statistic	Critical value for rejection of unit root		
		1%	5%	10%
상수 · 추세항 제거	-6.81	-2.57	-1.94	-1.62
상수항 포함	-6.93	-3.46	-2.87	-2.57
상수 · 추세항 포함	-7.57	-4.00	-3.43	-3.14



( 5)

#### ○ 추정결과

- <표 3>은 4개의 추정모형과 각각의 결과인데 모형 1~3은 Intervention ARIMA모형이고, 모형4는 구조변화와 충격을 고려하지 않은 전통적인 ARIMA모형임
- 여러 가지 모형을 추정해 본 결과 구조변화를 감안한 모형3(개입-ARIMA (0, 1, 1))이 가장 좋은 것으로 식별되었음(AIS 및 SC기준)

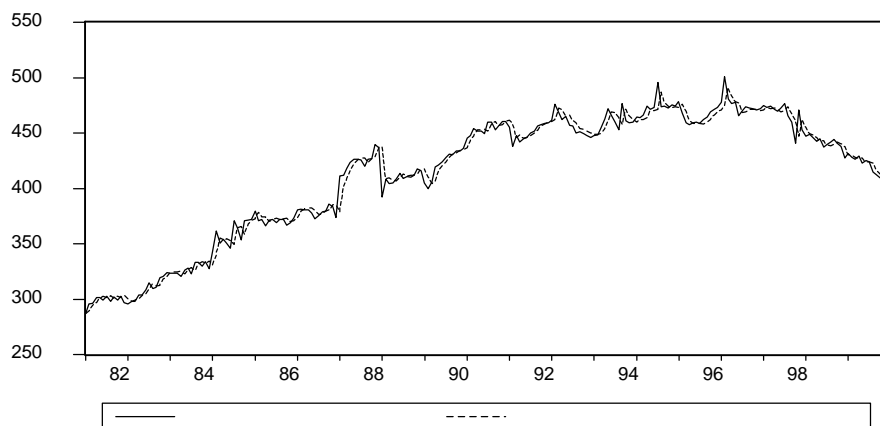
## &lt; 3&gt; ARIMA

	1	2	3	4
상수항	1.078*** (0.01)	1.108*** (0.01)	1.108*** (0.01)	0.523 (0.15)
AR(1)	0.118 (0.53)	-	-	-
MA(1)	-0.446*** (0.01)	-0.344*** (0.00)	-0.341*** (0.00)	-0.303*** (0.00)
I94	-1.574** (0.03)	-1.594** (0.04)	-1.852*** (0.01)	-
I98	-1.498 (0.35)	-1.526 (0.36)	-	-
adj- $R^2$	0.093	0.097	0.097	0.076
Akaike info criterion	6.930	6.923	6.198	6.936
Schwarz criterion	7.006	6.983	6.693	6.966
Prob(F-statistic)	0.000	0.000	0.000	0.00

주 : 괄호 속은 p-value를 나타냄. \*\*는 5% 유의수준, \*\*\*는 1% 유의수준을 표시함.

## ○ 추정모형을 이용한 예측

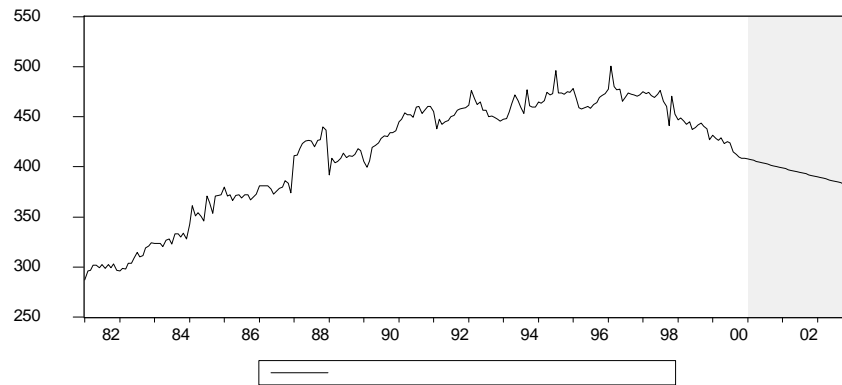
- 먼저 모형의 예측력을 측정하기 위해 표본구간내의 예측을 실시한 결과 Root Mean Squared Error는 7.59, Mean Absolute Error는 4.97, 그리고 Mean Absolute Percent Error는 1.21로 나와 모형의 예측력이 상당히 신뢰할 수 있음
- 즉, 전기의 정보를 이용한 바로 다음 기의 예측(구간 내 예측)은 약 1.2%의 오차가 있음



( 6) 3

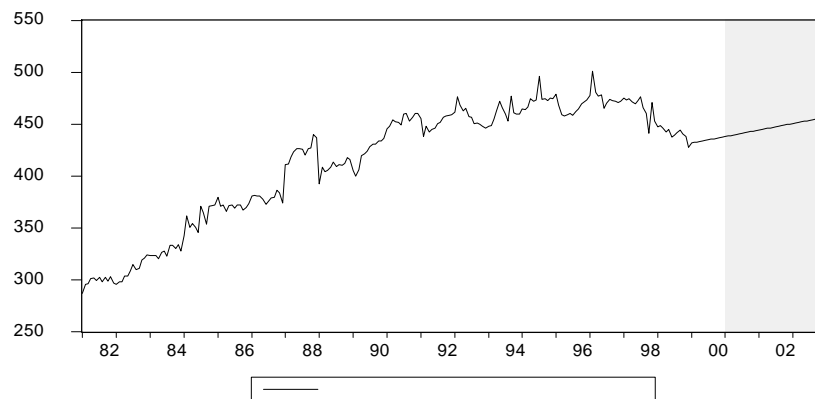
○ 단기예측 결과

- 예측에 의하면 2000년에는 404리터, 2001년에는 395리터, 2002년에는 386리터로 일인당 급수량이 점차 감소하는 것으로 나타남



( 7) 3 (2000.1 - 2002.12)

- 한편, 개입모형을 고려하지 않은 모형 4의 단순 ARIMA 모형으로 예측할 경우에는 상반된 결과를 초래한다는 것을 보여주고 있음
- 즉, 구조변화를 고려하지 않을 경우에는 예측값이 지속적으로 상승하는 것으로 나타남



( 8) 4 (2000.01 - 2002.12)

○ 예측결과의 해석

- 모형3을 이용한 추정결과인 2000년의 404리터/일, 2001년의 395리터/일, 2002년의 386리터/일은 상당히 신뢰할 만큼 추정된 것으로 판단됨

- 그 이유로 실제 '98-2000년까지의 통계자료는 유수율이 매년 4%정도씩 증가하고 있어, 서울시의 1인당 물 소비가 현재와 같은 수준이라 할지라도 물 급수량은 매년 4%씩 감소하는 것과 동일한 효과를 나타내기 때문임
- 또한, 2000년의 서울시 물 소비량이 잠정적으로 403리터/일로 집계되고 있어 본 연구의 예측치 404리터와 아주 유사함을 알 수 있음
- 정책적 시사점은 서울시의 경우 현재 71.2%수준에 머물고 있는 유수율을 80%선으로까지 끌어올릴 수 있는 공급 및 수요관리 정책(목표수량정책 및 용수이용평가제의 도입 등)을 시행한다면 1인당 급수량을 380-390리터/일 수준에서 동결할 수 있을 것으로 판단됨

### 3

#### 1.

- 계량경제모형을 사용하여 물 수요구조를 분석하기 위해서는 5개 사례대상도시의 연도별 상수도 통계를 이용
  - 자료의 시계열은 1978년~1999년 사이의 통계를 이용
  - 연도별 상수도 통계는 급수량, 유효가정용과 유효도시용으로 구분하여 사용함
- 연도별 자료를 이용하는데 따른 설명변수로는 가격, 소득, 급수인구, 사회·문화적 척도 변수, 건축허가 면적 등의 자료를 이용
  - 먼저 가격변수로는 도시별 년평균 용수가격 자료를 사용함. 년평균 용수가격 자료는 총부과금액을 총급수량으로 나눈 평균 용수가격, 유효가정용 총 부과금액을 총 유효가정용 수요량으로 나눈 가정용 평균 용수가격, 유효 도시적 총 용수 부과액을 도시적 총 용수수요량으로 나눈 도시용 평균 용수가격으로 구분
  - 다음으로 소득변수로는 서울시의 경우만 지역내총생산자료가 가능하고 나머지 도시는 불가능하여 소득대리변수로 지방세수입을 이용
  - 사회·문화적인 척도를 나타내는 변수로는 주택에서 아파트의 비율을 사용함. 가정에서 사용하는 용수는 소득수준이 올라감에 따라 물 소비가 늘어나는 가장

---

큰 이유는 냉·온수 샤워시설 등의 보급과 직결되어 있어서 이에 대한 대리변수로 아파트비율을 선정하였음

## 2.

- 본 분석에서는 시계열자료가 연도별 자료이고 시계열이 짧아서 차분 등에 의한 정보의 손실을 막기 위하여 공적분 회귀분석방법을 이용
  - 일반적으로 소득, 소비, 가격, 환율 등과 같은 시계열변수들은 불안정하고 추세를 가지고 있다는 것을 거시경제분석에서 자주 발생
  - 이러한 문제를 해결하는데는 차분이나 계절조정 등의 방법을 이용하여 계열을 안정화시킨 뒤에 분석하는 방법과 최근에 많이 사용되는 Engle & Granger(1987)이 제안한 공적분 회귀분석방법을 이용하였음
- 본 분석에서는 변수들의 단위근 검증을 통하여 변수들이 불안정계열인지 아닌지를 먼저 파악하고 계열들이 불안정 시계열이면 공적분 회귀분석을 시행하고 잔차항을 이용한 단위근 검증을 통하여 오차항이 안정적인가를 검증함
  - 만약 공적분 회귀분석의 잔차항이 여전히 불안정 시계열이면 불안정 시계열을 이용한 회귀분석의 결과는 오도된 정보를 초래함
  - 이러한 결과를 가성회귀(spurious regression)라 하고 실제로 경제적 의미가 없는 경우에도 불안정 시계열의 특성으로 그 관계가 매우 오도되는 결과를 낳는 경우임

## 3.

### 1)

#### (1)

- 먼저, 분석에 사용될 변수들의 단위근을 ADF검증을 통하여 살펴보면 모든 변수가 단위근이 존재하는 불안정 시계열임을 알 수 있음
- 공적분 시행 결과 급수량은 평균가격(rap)과는 (-), 지역 총생산(grdp), 급수인구(npop), 아파트비율(papt)과는 (+)의 장기적 관계를 가지는 것으로 나타남. 그러나 지역총생산과 아파트 비율은 통계적으로 유의하지 않게 나타남

&lt; 4 &gt;

( )

		(S.E)
변 수	상 수	-9.979347** (3.568818)
	LOG(지역 총생산)	0.087801 (0.066261)
	LOG(평 균 가 격)	-0.190333*** (0.058379)
	LOG(급 수 인 구)	1.463673*** (0.217129)
	LOG(아파트 비율)	0.208220 (0.134879)
	AR(1)	0.328169 (0.267768)
통계량	R-squared	0.996288
	Akaike info criterion	-4.614107
	Schwarz criterion	-4.316549
	Durbin-Watson stat	1.962609
	Prob(F-statistic)	0.000000

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함

- 위의 회귀분석에 따른 잔차항이 안정적인지를 판단하기 위하여 잔차항의 ADF 검증을 시행한 결과, 상수 및 상수+추세 포함모형에서는 통계적으로 10%수준에서 잔차항이 안정적이고 상수와 추세를 제거한 모형에서는 통계적으로 1% 유의수준에서 잔차항이 단위근이 존재하지 않는 것으로 나타남
- 상수 및 상수+추세모형에 대한 단위근 검증의 다른 방법인 PP(Phillips- Perron) 검증에서는 모두 유의수준 1%에서 귀무가설이 기각되어 여기서는 공적분 회귀분석이 타당한 것으로 판단

&lt; 5 &gt;

ADF

( : )

		.	.
ADF 통계량	-2.75*	-2.54*	-2.82***

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각함

(2)

- 공적분 시행 결과 급수량은 평균가격(redap)과는 (-), 지역 총생산(grdp), 급수인구(npop), 아파트비율(papt)과는 (+)의 장기적 관계를 가지고 모든 변수는 통계적으로 유의하게 나타남

- 소득탄력성 : 0.59, 가격탄력성 : -0.16, 급수인구탄력성 : 0.75로 모두 비탄력적이지만, 상대적으로 가격탄력성이 낮게 나타남

< 6>

( )

		(S.E)
변 수	상 수	-5.133614** (2.182452)
	LOG(지 역 총 생 산)	0.598025*** (0.052852)
	LOG(도시용 평균가격)	-0.160100** (0.081634)
	LOG(급 수 인 구)	0.752596*** (0.158375)
	AR(1)	-0.084436 (0.247087)
통계량	R-squared	0.987655
	S.D. dependent var	0.3528
	Akaike info criterion	-3.2322
	Schwarz criterion	-2.9842
	Durbin-Watson stat	2.188850
	Prob(F-statistic)	0.0000

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함

- 다음 <표 7>에서 보듯이 모든 경우에 통계적으로 10%의 유의수준에서 잔차항이 단위근이 존재하지 않는 안정적인 것으로 나타나고 있어서 공적분 회귀분석이 타당한 것으로 판단됨

< 7>

ADF

( : )

		.	.
ADF 통계량	-5.58***	-5.43*	-5.74***

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각함

### (3) 가

- <표 8>은 유효가정용 물 사용량을 종속변수로한 공적분 회귀분석결과를 보여주고 있음
- 회귀분석결과 가정용 물 사용량은 모든 도시에서 평균가격과는 (-), 지역 총생산, 급수인구, 아파트비율과는 (+)의 관계를 가지고 있음



- 그러나 통계적 유의성 측면에서는 도시별로 다르게 나타나고 있다. 서울시의 경우는 모든 변수가 통계적으로 유의한 반면, 대구시는 급수인구와 소득변수가 유의수준 5%에서 유의하게 나타남
- 청주시의 경우는 소득변수를 제외한 모든 변수가 유의하게 나타나고, 중소도시인 원주시와 남원시는 거의 모든 변수에서 유의하지 않은 것으로 나타나고 있음
- 특히, 가격변수는 세 개의 도시에서는 통계적으로 유의하지 않아, 장래의 용수수요 예측을 함에 있어서 가격인상에 따른 효과를 예측하는데는 의문이 제기될 수 있음
- 전반적으로 서울특별시, 대구광역시, 청주시 등의 인구 50만명 이상이고 상수도 보급률이 90%를 상회하는 대도시의 위의 설명변수가 대부분 통계적으로 유의한 반면, 원주시 및 남원시와 같은 중소도시는 통계적 유의성이 없거나 있어도 안정성이 떨어지는 것으로 나타남.
- 원주시와 남원시와 같은 중소도시 및 농촌형 소도시의 경우는 급수인구수, 가격보다는 문화적 척도로 사용된 아파트비율이 유의하게 나타나고 있음. 이는 최근 이들 도시에서의 아파트의 급속한 보급과 함께 물 사용량이 증가한데 기인한 것으로 보임

## &lt; 8 &gt;

		(S.E)				
변 수	상 수	-6.167644 (6.237475)	-16.10942** (6.696806)	-6.781253*** (0.911726)	-2.906882 (5.580266)	-3.068067 (3.677420)
	LOG (지역총생산)	0.306778*** (0.068139)	0.279324** (0.123440)	0.057686 (0.058875)	0.136551 (0.137376)	0.319357*** (0.075075)
	LOG (가정용 균가격)	-0.153440** (0.077397)	-0.238228 (0.223328)	-0.207675** (0.078780)	-0.134212 (0.193200)	-0.132037 (0.170232)
	LOG (급수인구)	0.921462** (0.401102)	1.733424** (0.618660)	1.252610*** (0.128673)	0.777123 (0.527020)	0.725713 (0.417733)
	LOG (아파트 비율)	0.581349*** (0.176882)	-	0.299157*** (0.034262)	0.530477*** (0.151719)	0.256817* (0.115999)
	AR(1)	0.134327 (0.208206)	0.438681* (0.248457)	-0.247716 (0.227698)	0.025952 (0.292112)	0.403863 (0.270784)
	AR(2)	-	-	-	-	-0.548163* (0.249734)

통계량	R-squared	0.996177	0.988208	0.997106	0.979634	0.966065
	Akaike info criterion	-3.9386	-2.5404	-3.1811	-1.3284	-1.2436
	Schwarz criterion	-3.6410	-2.2917	-2.8835	-1.0297	-0.9005
	D-W Stat	1.504595	1.806437	1.769912	2.051605	1.792658

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함

- 다음으로 위의 회귀분석의 결과에서 보듯이 원주시와 남원시와 같이 설명계수의 통계적 유의성이 떨어지는데도 불구하고 R2값이 0.97등으로 높게 나타나고 있는 것은 추세를 가진 불안정 시계열간의 회귀분석에서 나타나는 가성회귀의 한 증세임
- 따라서 개별 도시별 회귀분석결과에 따른 잔차항의 단위근 검증을 통하여 회귀 분석 결과의 신뢰성을 ADF검증을 통하여 수행하였음
  - 다음 <표 9>에서 보듯이 서울시, 대구시, 청주시의 경우는 시계열자료를 이용한 회귀분석은 타당하게 수행되었다고 해석할 수 있지만,
  - 원주시와 남원시의 경우는 잔차항이 여전히 불안정한 시계열로 나타나고 있어 가성회귀일 가능성이 매우 높음
  - 따라서 중·소도시의 경우는 도시별 계량경제모형을 이용한 물 수요분석은 오도된 결과를 초래할 수 있다는 점을 본 연구는 강력하게 시사하고 있음

< 9> ADF

			·	·
ADF 통계량	서울	-3.14**	-3.06*	-3.23***
	대구	-2.96*(pp:-3.85***)	-2.87(pp:3.75**)	-3.05***
	청주	-3.23**	-3.10(pp:-3.82**)	-3.27***
	원주	-3.14	-3.01	-3.25**
	남원	-3.07	-3.05	-3.13*

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각함

## 4 (Pooled Data Analysis)

### 1.

- 일반적으로 혼합모형(횡단자료+시계열자료)을 사용하는 가장 큰 이유는 시계열이 짧은데 따른 통계적 신뢰도를 높이기 위하여 횡단자료를 함께 사용함으로써 통계적 효율성을 제고할 수 있다는 점과 각각의 횡단분석과 시계열분석에서는 얻을 수 없는 정보를 혼합모형을 통하여 얻을 수 있다는 장점에 있음
- 여기에는 Fixed effects 모형과 Random effects 모형이 있는데 Fixed effects 모형은 일반적으로 관측치 사이의 차이가 회귀함수의 계수의 이동(shift)으로 볼 수 있다고 확신할 때 합당한 방법이고, Random effects 모형은 관측치들이 횡단적인 구분을 가로질러 개별적 상수항이 확률적인 분포(randomly distributed)로 볼 수 있을 때 합당한 선택임
  - 또한, 분석자료가 모집단으로부터의 샘플자료를 이용할 때는 Random Effects 모형, 모집단전체의 aggregated 된 자료를 이용할 경우에는 Fixed Effects 모형을 주로 사용
  - 본 연구에서는 개별도시의 통합(aggregated) 자료를 이용함으로 Fixed effect 모형을 이용하고자 함

### 2.

#### 1)

- 도시별 급수량 자료를 혼합한 모형의 분석결과, 가격탄력성의 부호는 기대치와 같으나 통계적으로 유의하지 않고, 소득대리변수인 지방세와 급수인구가 통계적으로 유의함
  - 소득탄력성은 0.22, 급수인구탄력성이 0.98로 나타나고 있음. 이는 우리나라의 물 수요는 급수인구와 소득수준의 상승에 따라 물 소비량이 증가할 것임을 예고함. 그러나 인구증가율이 현재 1%수준을 밑돌고 있고 점점 더 낮아질 전망이어서 전체적으로 인구증가에 의한 물 수요증가는 크지 않을 것으로 예상됨
  - '99년 현재 상수도 보급율이 원주시 81.8%, 남원시 53.6%이고 다른 도시(서울, 대구, 청주)들의 경우는 상수도 보급률이 90%를 상회하고 있어, 향후 급수인구의 증가에 따른 상수도 수요의 증가는 지방소도시를 중심으로 늘어날 전망이다

- 한편, 기존의 많은 연구에서 가격이 물 수요에 통계적으로 유의하다는 결과와는 달리 본 연구에서는 통계적 신뢰성이 떨어지는 것으로 나타나고 있음
- 이는 본 연구는 5개 사례 대상도시를 대상으로 한 반면, 기존의 연구는 개별 도시별로 추정하거나 시·도별로 aggregated된 자료를 이용하고 있거나 자료가 '96년까지의 자료를 이용하여 추정하여 분석대상이 다른데 기인한 것으로 해석
- 그러나 도별로 aggregated된 자료를 이용할 경우 개별 도시의 특성이 무시된 평균적인 성향만을 나타내게 된 데에도 영향이 있을 것으로 판단됨

< 10 >

		(S.E)
변 수	LOG(지 방 세)	0.223118*** (0.045179)
	LOG(평 균 가 격)	-0.078274 (0.073697)
	LOG(아파트 비율)	0.080108 (0.059838)
	LOG(급 수 인 구)	0.980951*** (0.173146)
	AR(1)	0.340976*** (0.091181)
Fixed Effects	서 울	-4.731739
	대 구	-4.508402
	청 주	-4.196647
	원 주	-4.008710
	남 원	-3.892031
통계량	R-squared	0.997558
	Durbin-Watson stat	2.069666
	Prob(F-statistic)	0.0000

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 의미가 있음을 의미함

## 2) 가

- 전체 급수량 자료를 이용한 분석과 달리 유효가정용 급수량 자료를 이용할 경우에는 가정용 수요는 소득, 실질가격, 급수인구, 아파트비율 등의 모든 변수는 통계적으로 5% 유의수준에서 유의하게 나타남
- 가정용의 경우 소득 탄력성 : 0.287, 가격탄력성 : -0.13으로 모두 비탄력적이지만 가격탄력성이 매우 낮음
- 이는 물 수요를 줄이기 위한 가격인상 정책은 효과가 크지 않을 것임을 보여줌

- 오히려 사회·문화적 척도의 변수로 사용된 아파트의 비율에 따른 탄력성은 0.24로 아파트 비율이 10%증가하면 물 소비는 2.4%증가 할 것으로 예상되어 문화수준의 향상에 따른 물 수요의 증가가 상대적으로 높을 것으로 예상됨
- 이는 문화수준의 향상으로 냉·온수시설을 갖춘 샤워시설을 비롯하여 요즈음 보급량이 급격히 늘어나는 「비데」 등의 문화적인 물 수요가 지속적으로 늘어날 수 있음을 보여주고 있음

## &lt; 11&gt; 가

		(S.E)
변 수	LOG(지 방 세)	0.287720*** (0.037555)
	LOG(가정용 평균가격)	-0.132188** (0.062187)
	LOG(아 파 트 비 율)	0.248105*** (0.053383)
	LOG(급 수 인 구)	0.813174*** (0.152012)
	AR(1)	0.467294*** (0.091593)
Fixed Effects	서 울	-4.267970
	대 구	-4.248618
	청 주	-3.934673
	원 주	-3.943487
	남 원	-3.685114
통계량	R-squared	0.998573
	Durbin-Watson stat	1.891626
	Prob(F-statistic)	0.0000

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 의미가 있음을 의미함

## 3)

- 도시적 용도의 물 수요의 경우도 이론적 기대와 마찬가지로 소득에는 (+), 가격에는 (-)의 관계가 성립
- 도시적 용도의 물 수요의 가격에 의한 영향(-0.38)이 가정용(-0.13)에 비하여 높게 나타난 것은 기존의 물값 체계에서 전국 평균('99년 현재)으로 가정용이 275.9원/톤인데 반하여, 도시적 용도인 영업용은 781.2원/톤, 옥탕1종은 422.5원/톤, 옥탕2종은 1,232.8원/톤으로 톤당 가격이 현재도 가정용에 비하여 매우 높은데서 그 원인을 찾을 수 있음

		(S.E)
변 수	LOG(지 방 세)	0.067625 (0.048478)
	LOG(도시용 평균가격)	-0.378727*** (0.042035)
	LOG(급 수 인 구)	0.481973** (0.217895)
	AR(1)	0.886991*** (0.024510)
Fixed Effects	서 울	6.391077
	대 구	6.282148
	청 주	5.153578
	원 주	4.591163
	남 원	4.185257
통 계 량	R-squared	0.998457
	Durbin-Watson stat	2.170912
	Prob(F-statistic)	0.00000

주 : \*, \*\*, \*\*\*는 각각 10%, 5%, 1% 유의수준에서 통계적으로 의미가 있음을 의미함

- 혼합자료(pooled data)를 이용한 분석을 종합해 보면, 전체 급수량 자료를 이용할 경우에는 소득, 사회·문화적 특성변수로 사용된 아파트 비율이 통계적으로 유의한 변수인 반면,
- 가정용 유효부과량 자료를 이용한 분석에서는 소득, 가격, 아파트비율 등이 큰 영향을 미치고, 도시적 용도의 유효부과량 자료를 이용한 분석에서는 소득보다는 가격변수에 크게 영향을 받고 있는 것으로 나타나고 있음

## 5

### 1.

- 여기에는 개별 도시별로 200가구의 샘플을 선정했으며, 샘플을 아파트와 단독주택으로 구분하였고, 평형 및 소득수준별로 고르게 선정하였음
- 최종적으로 불성실한 설문지를 제외하고 서울 170가구, 대구 194가구, 청주 188

가구, 원주 190가구, 남원191가구가 최종 분석대상자료로 선정

- 분석에 들어가기 전에 언급하고 넘어갈 것은 횡단분석에서 물값 변수를 제외하였음
  - 일반적으로 물 수요는 물 가격에 의하여 결정적으로 영향을 받는 것이 일반적임. 그러나 여기서 물 값 변수를 제외한 것은 특정 시점에서 모든 소비자에게 동일한 물 값(도시별 물값 표)에 따라 요금을 산정하고 있어 가격변화에 따른 수요변동을 측정할 수 없기 때문임
  - 만약, 5개 도시의 물값 변동에 따른 수요함수를 도출하기 위해서는 개별도시의 aggregated한 값, 즉, 5개의 측정치를 이용할 수는 있지만 5개의 관측치로 회귀분석을 한다는 것은 무의미하기 때문임
  - 외국의 경우에 횡단분석 자료를 이용하여 물 값에 의한 수요에 미치는 영향을 파악한 연구가 많이 진행된 것은 지역마다 물 값 차이가 크고, 또한 많은 급수구역(수백개 지역)을 대상으로 함으로써 가능

## 2.

- SUR모형을 이용한 개별도시의 추정 결과를 보면 몇 가지 중요한 시사점을 발견할 수 있음
  - 소득변수가 물 사용량과는 통계적으로 의미가 없다는 점임. 이는 매우 의미 있는 결과임. 앞에서 분석한 도시별 시계열자료를 이용한 분석에서는 소득이 증가함에 따라 물 사용량이 증가한 것과는 달리, 동일 시점에서의 가구별 물 사용량은 소득수준에 영향을 받지 않는다는 것임
  - 즉, 물 수요가 소득수준이 향상됨에 따라서 국가 전체적으로 물 소비량이 늘어나지만 개별 가구별로 특정 시점에서는 소득 수준과 관계없이 다른 변수에 의하여 영향을 받는다는 것임
  - 이는 다른 각도에서 해석하면, 비록 물은 생활필수품이지만 필요한 일정량 이상을 소비할 필요성을 느끼지 못한다는 점과, 물 값이 저렴함으로 인하여 누구나 필요한 만큼의 물을 사용할 수 있는데 기인한다고 할 수 있음

< 13> SUR

상 수	1.77***	0.76*	1.68***	2.28	1.68***
약 수 터 이용(D)	-	-	-0.077	-	-0.001
절수기기 이용(D)	-0.15**	-0.16**	-	-0.19***	-
가 구 원 수	0.45***	0.59***	0.51***	0.41***	0.52***
주 택 연 면 적	0.37***	0.38***	0.04	0.06	0.32***
소 득	-0.032	0.09	0.13*	0.002	-0.10

주 : \*\*\*, \*\*, \* 는 각각 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함

< 14>

	(S.E)	
	(S.E)	(S.E)
상 수	-0.912*** (0.105)	-0.357*** (0.040)
요금의 적정성	0.665*** (0.095)	0.261*** (0.037)
소 득 수 준	0.0012*** (0.0003)	0.0005*** (0.0001)

주 : \*\*\*는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함의 의미

○ Probit 모형을 이용한 소득수준에 따른 요금인상에 대한 반응

요금 = 싸 다(1) : Prob(인상찬성=1)

$$= \Phi[-0.912 + 0.0019 \times \text{소득수준} + 0.665]$$

요금 = 비싸다(0) : Prob(인상찬성=1)

$$= \Phi[-0.912 + 0.0019 \times \text{소득수준}]$$

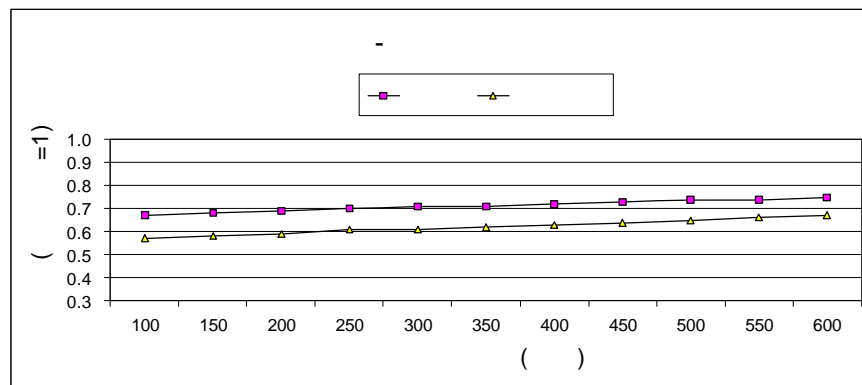
$\Phi$  ( ) : 누적정규분포를 나타내며, 계수는 프라빗 모형에서의 상수항 및 소득수준  
그리고 요금적정성에 대한 추정계수임

- 요금인상에 대한 찬·반에 대한 확률을 기존의 수도요금의 적정성(싸다=1, 비싸다=0)과 소득수준을 설명변수로 하여 프라빗 모형을 이용하여 분석한 뒤, 소득수준이 요금인상에 대하여 현재의 요금수준이 싸다고 응답한 사람과 비싸다고 응답한 사람의 찬성확률에 미치는 영향을 다음과 같은 방법으로 분석하였음

○ 위의 방정식에서 누적정규분포 테이블을 이용하여 소득수준의 변화에 따른 영향을 나타내면 아래의 그림과 같음



- 그림은 보듯이 요금에 대한 인식이 “싸다”고 느낀 사람이나 “비싸다”고 느끼는 사람의 소득수준이 변화하여도 요금인상에 찬성하는 확률은 동일하게 나타나고 있음을 보여줌
- 이 결과는 위의 횡단분석에서 소득수준이 물 수요에 중요한 변수가 아님을 증명하고 있음



( 9)

## 6

### 1.

#### ○ 기존 도시별 물 수요예측은 과대 추정 또는 신뢰성 결여

- 월별 자료를 이용한 단기예측 값의 도시별 비교에서도 기존의 추정이 과다하게 높게 추정되어 있음
- 연도별 자료를 이용한 도시별 공적분 회귀분석 결과, 도시별 물 수요예측에 대한 신뢰성이 도시마다 다를 뿐만 아니라 소도시의 경우는 오도된 결과를 보이고 있어 도시별 계량모형을 통한 물 수요분석과 중·장기 예측은 무리가 있음
- 시·도별 자료를 이용하여 소득과 가격 탄력성에 기초하여 추정된 수요는 개별 도시적 특성을 반영하지 못하여 예측치의 신뢰성이 떨어짐
- 혼합모형을 이용한 결과에서 보듯이 설명변수인 사회·문화적 척도로 사용된 아

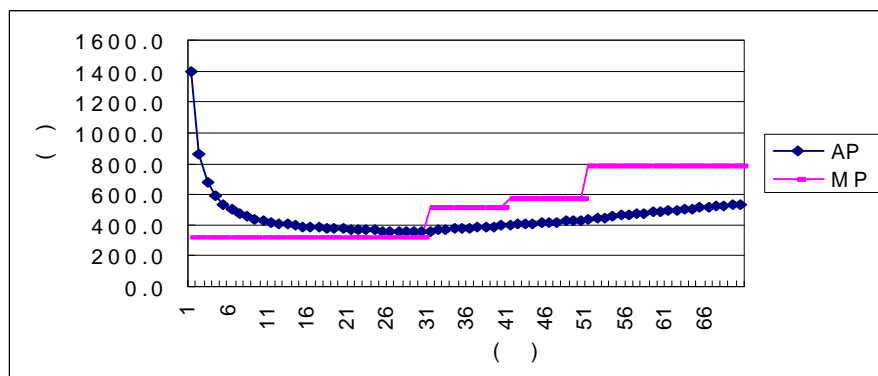
파트비율이 중요한 설명변수임에도 불구하고, 기존의 예측모형에서는 이를 고려하지 않고 있어 추정된 계수는 편기(biased)되었을 가능성이 매우 높음

○ 상수도 통계의 작성의 개선

- 전용공업용수의 경우는 정수처리수의 수질기준이 일반생활용수와 전혀 다르고 공급라인도 별개로 되어 있음. 이를 전체 통계작성시 상수도 급수량에서 제외하고 작성하여야 함
- 단지, 생활용수로 생산된 용수가 전용공업에 공급된 것만 계상해야 함
- 기존의 통계를 보면 직접 통계를 작성하는 지방자치단체에 따라 전용공업용수를 포함하기도하고 하지 않기도 함
- 이로 인해 전북이 1인당 급수량이 486리터로 가장 높게 나타나고 있음

○ 기존 요율체계의 물 수요관리의 한계

- 우리 나라는 전 도시가 구간체증요금체계(block increasing rate)를 채택
- 기존의 요율체계와 실제 가정에서 사용하는 물의 량과 비교해보면 물 절약에 대한 경제적 동기가 없는 것으로 나타남
  - 대부분의 가정 월평균 사용량이 30톤 미만이라는 점과 서울의 가정용 물 사용에 따른 평균가격과 한계가격을 비교해보면 명확해짐
  - 30톤 미만을 사용하는 가정의 경우, 톤당 지불하는 평균비용보다 한 단위 더 소비하는데 따른 한계비용이 저렴함으로 소비자가 합리적으로 행동한다면 수요관리를 해야할 유인이 없음
- 요금 인상으로 인한 수요관리는 물을 과다하게 소비하는 가구(예 :40톤 이상)에 대한 누진율 확대적용을 통해 부분적으로 달성함이 바람직



( 10)

( )

## ○ 수요의 가격 탄력성의 과대추정

- 수요 추정시 평균가격은 물 요금체계가 물 사용량에 관계없이 단위당 가격이 일정(flat rate)하다면 올바른 선택임
- 가격증가의 영향은 소비자에게는 소득효과와 대체효과로 구분될 수 있음. 소득 효과는 가격증가로 인한 실질소득의 감소와 모든 재화나 서비스에 대한 지출을 감소시키고, 대체효과는 누수, 절수기기 사용을 유도하고, 잔디밭을 블록이나 자갈, 다른 포장을 하여 물 소비를 줄이는 역할을 함
- 구간체증 요율 하에서 평균가격의 사용은 소비의 가격탄력성을 과도하게 크게 추정할 수 있는 문제가 발생
- 예를 들어 설명하면 다음과 같음. 총 30톤의 물을 사용하는 가정에서 20톤은 30원에 구입하고 10톤은 60원에 구입하여 쓰고 있다고 하자. 여기에 한계가격이 80원으로 올라서 25톤을 소비하게 되었다고 가정하면,
- 요율 변화 전에는  $20 \times 30 + 10 \times 60 = 1,200$ 원을 지불하였음(평균가격은 40원). 요율 변화 후에도 총 지불요금은  $20 \times 30 + 5 \times 80 = 1,000$ 원이어서 AP는 여전히 40원임. 이 경우 AP의 사용은 물 사용에 있어서 변화가 없다고 예측을 하게 됨(실제로는 5톤의 소비절약을 가져옴)
- 만약 MP가 80원으로 올라도 소비가 26톤이라면  $20 \times 30 + 6 \times 80 = 1,080$ 원으로 평균가격이 41.54원이 됨
  - AP를 이용한 호탄력성은  $(dQ/dP)(P/Q) = (-4/1.54)(40.77/28) = -3.71$
  - MP를 이용한 탄력성은  $(-4/1.54)(70/28) = -0.50$
- 따라서, 한계가격 자료가 없음으로 인하여 평균가격을 이용하여 물 소비를 추정하였다면, 수요의 가격탄력성을 과대 평가할 수 있는 결과를 초래한다는 점을 감안하여야 함

## 2.

## ○ 물 수요 예측의 유역권별 지속적 추진

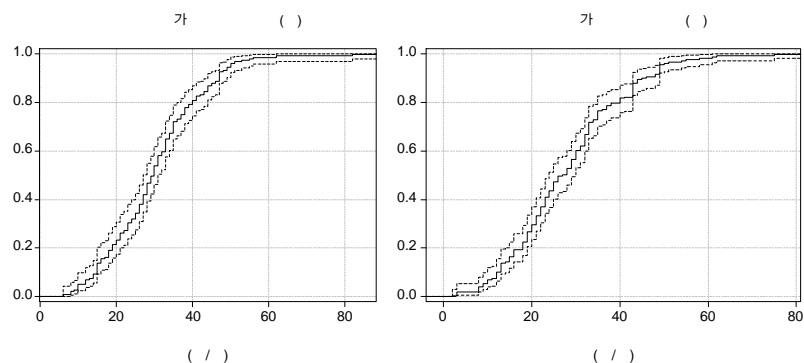
- 현재 시·도별로 예측하고 있는 물 수요는 도시별 특성이 반영되지 못하는 단점이 있음
- 이 경우 물 수요의 시·도별 평균적인 수요예측으로 인한 물 부족지역과 이에

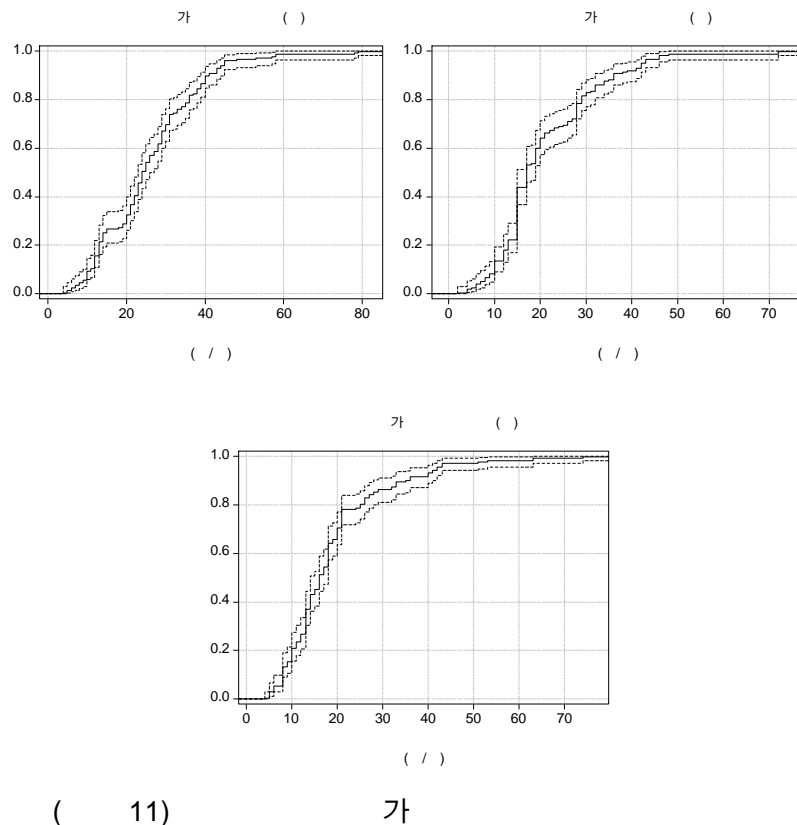
따른 공급전략 수립에 어려움이 따름

- 향후 물 수요는 유역권별·도시별 지속적인 물 수요예측이 요구됨
- 이를 위해서는 미국처럼 주 정부 및 개별 도시의 물 수급계획 수립을 위하여 IWR-MAIN(Institute for water Resources- Municipal And Industrial Needs)과 같은 프로그램을 개발하여 체계적으로 추정할 필요가 있음
- 이 분석기법은 수요예측을 위하여 물 수요처를 크게는 가정용, 상업용, 제조업용, 공공부문 등으로 구분하여 예측할 수 있도록 짜여져 있고,
- 세부적으로는 가정용의 경우에도 단독가구, 다가구 저밀도 지역, 다가구 고밀도 지역, 비 도시지역 등으로 구분하여 거주자 특성별 물 수요구조를 예측에 반영할 수 있도록 하고 있음
- 비거주적 용도의 물 수요예측을 위해서는 건설, 제조업, 교통, 도·소매업, 부동산 등의 금융업, 서비스업, 공공기관 등으로 세분하여 추정하고 있음

○ 수요관리 효과를 극대화할 수 있는 요율체계의 도입

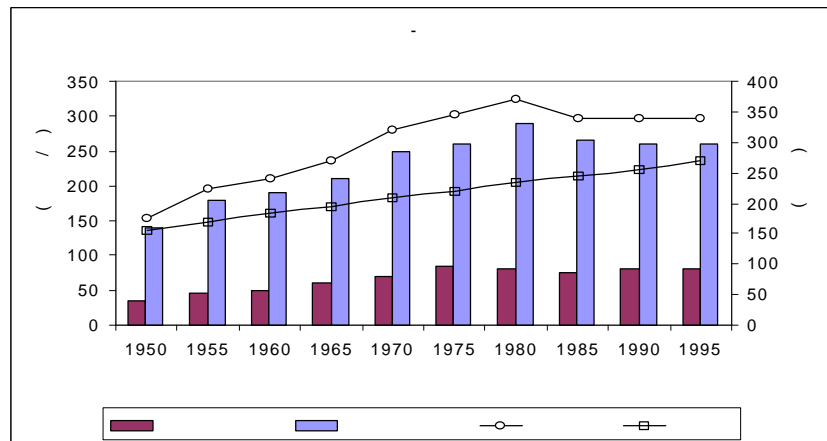
- 기존의 요율체계를 물 수요관리의 효과를 높이되, 일정규모 이하를 사용하는 가정에서의 부담을 완화할 수 있는 도시별 적정 요율체계로 개편
- 아래의 그림들은 사례도시의 설문조사가구의 월평균 물 사용량에 대한 누적 도수분포임
- 서울, 대구, 청주시는 30톤 이하를 사용하는 가구가 전체 가구의 60%를 차지하나 원주나 남원시의 경우는 30이하를 사용하는 가구가 90%에 달하고 있어서 요금 체계에 따른 수요관리효과는 다르게 나타날 것임
- 현재 남원시와 같이 30톤 이상을 사용하는 가구는 10%미만이므로 전체적인 물 값 인상은 재원확보차원에서는 의미가 있으나 수요관리차원에서는 크게 의미가 없음





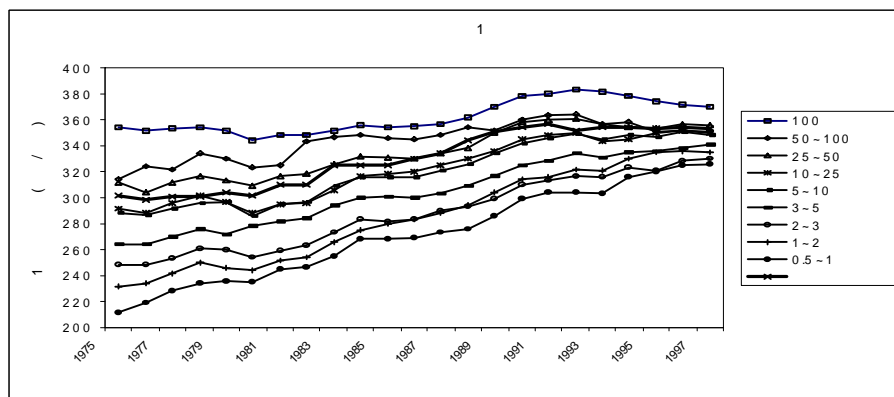
#### ○ 용수이용평가제 도입

- 서울은 급수량이 390리터 선에서 조금씩 감소할 것으로 예측된 데 반하여 타 도시는 매년 조금씩 증가할 것으로 추정되고 있음
- 과거의 물 수요예측을 보면 도시규모에 따라 상당한 차이가 나고 있으나 본 연구의 결과는 공업용수를 제외한 급수량 자료를 이용한 1인당 물 사용량은 단기적으로는 조금의 차이가 예상되나 중·장기적으로 도시 규모와 상관없이 거의 유사한 수준으로 수렴할 것으로 예측됨
- 따라서, 유역권별로 물 이용가능량과 수요량을 감안한 도시별 용수할당 등을 통하여 배분한 뒤 용수이용평가제를 도입해 수요관리정책을 추진
- 미국의 경우에도 인구는 지속적으로 증가하나 '85년 이후부터의 총 취수량은 일정수준을 유지하고 있음. 이는 우리 나라도 총 용수공급량을 일정수준에 유지시킬 수 있음을 시사함



( 12)

- 일본의 인구규모별 물 사용량 추세를 보면 과거에는 1인당 물 사용량이 확연히 차이가 났지만 최근에 와서는 인구가 백만 이상인 도시와 5만~100만 이하, 그리고 5만 이하의 세 그룹 정도로 좁혀지고 있음



자료 : 「수도통계」, 후생성, 1999, 일본.

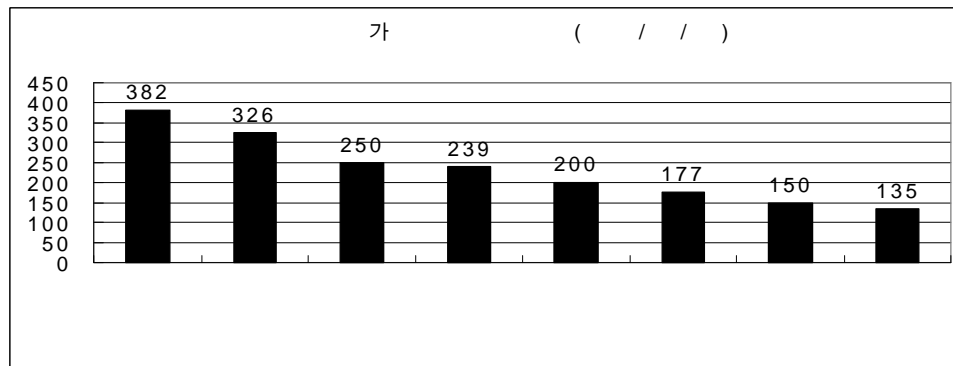
주 : 이 자료에는 상수도로부터 공장으로 공급되는 수량이 포함되어 있음

( 13)

#### ○ 수요관리정책 방향의 전환

- 지금까지의 수요관리정책의 명분은 생활용수 중 가정용이 70%에 이르며, 1인당 물 사용량이 유럽 등의 선진국에 비하여 높으므로 물값 인상, 중수도 보급, 절수 기기 보급 등을 통하여 수요관리를 강화하자는 것임
- 그러나 우리 나라의 실제 가정에서의 물 사용량은 177리터/일/인으로 높은 수준

이 아님. 미국이 382리터로 가장 높고 캐나다, 이탈리아, 일본 순임



자료 : Environment Canada(1998년 기준) : <http://www.ec.gc.ca>

주 : 한국은 1999년 통계임

( 14 ) 가 가

- 따라서, 요금현실화를 통한 가정용 용수의 절약에 의한 수요관리는 효과가 크지 않을 것으로 판단됨
  - 현재 보편적으로 수요관리로 통칭되는 공급부문의 수요관리인 누수율 제고를 통한 유수율 증대(누수방지, 불량계량기 대체 등)등의 상수도 공급부문에 대한 정부부문의 관리에 초점을 맞추어야 할 것임. 요금인상도 이러한 부분의 투자비 상승요인 분석과 함께 검토되어야 할 것임
  - 인구 1천만명인 서울의 유수율(71.3%)을 전국 평균(73.4%) 수준으로 증가시켜도 절수가능량이 연간 3천4백만톤이며, 이는 25만명이 1인당 380리터씩 매년 사용할 수 있는 양임
- 물 수요예측에 따른 다양한 물 공급 및 수요관리 대안설정
- 통합관리계획에 따라 수요부문에서의 수요관리와 공급부문에서의 공급관리계획의 통합을 통한 도시별 또는 용수구역별 최적 대안의 마련

# 5



## 가

( 가 )

	1	/ 157
	2	/ 158
	3	/ 167
4	가	/ 195
	5	/ 200
		/ 206



## 가

( 가 )

## 1

현재의 물문제는 크게 수량적 문제와 수질적 문제로 대별될 수 있다. 수량적 문제는 물 사용량 증가(가정용수, 공업용수)에 대해 물의 공급량 부족에 의한 것으로 이는 댐 건설 등 신규용수원 개발로 대처할 수 있으나 환경적인 문제로 용수원의 계속적인 개발에는 한계가 있다. 수질적 문제로는 생활하수 및 공장폐수의 발생량 증가, 토지의 고도이용에 따른 비점오염원 증가, 농지 및 지하수 오염, 무분별한 개발로 자연의 정화능력 감소 등으로 갈수록 그 해결의 실마리를 찾기 힘들다. 특히 수량적인 측면에서 볼때, 수자원장기종합계획에 의하면 우리나라는 2006년부터 연간 4억톤, 2011년부터 연간 20억톤의 물이 부족하게 될 것으로 전망하고 있다. 이와같은 정부의 정책에는 환경부에서 추진하고 있는 수요관리 정책에 의한 반영분 7억 9천만톤이 100% 달성한다는 가정하에 수립된 것이다. 만약에 정부에서 추진하고 있는 수요관리정책이 실패하고 댐 건설도 주민의 반대 등으로 추진되지 못한다면 앞으로 4년후에는 무려 12억톤의 용수가 부족하다는 계산이 된다.

&lt; -1&gt;

	1994	2001	2006	2011
용수수요(억톤)	301	337	350	367
공급능력(억톤)	325	344	346	347
과부족(억톤)	24	7	△4	△20

자료: 건설교통부, 수자원장기종합계획, 2001

정부에서도 물부족사태에 대비하기 위하여 수자원 관리정책을 그 동안의 공급위주에서

수요관리 정책으로 전환시키고, 2006년까지 수돗물 생산량을 7억9천만톤 절약하기 위해 절수기기 및 중수도 설치 확대, 절수형 수도요금체계 도입 등 수요관리 정책의 확대 강화를 추진하고 있으며 금년(2002년)에는 특히 절수기기 설치 촉진을 위한 수도요금 감면 표준 조례 제정 및 절수설비 인증제도를 도입하고 물 수요관리 목표제 정착, 상수도 요금 현실화(광역 87%, 지방 90%)를 계속 추진하고 상하수도 생산원가 및 요금 산정체계 개선, 누수율 저감을 위한 농업용수로 개선, 노후 수도관 교체, 절수기 설치사업 지속추진 및 물절약 교육 홍보 강화 등을 적극 추진하고 있다.

본 고에서는 정부의 수요추정이 정확하다고 볼 경우 현재와 같이 댐 건설의 지연과 수요관리 정책이 실패할 경우 우리나라가 겪어야할 물 문제는 심각한 상황이 될 것이다. 즉 생공용수 총 용수수요의 약 20%가 부족해지므로 이 경우 우리나라 경제적 피해와 국민의 생활불편은 상상을 초월하리라 본다. 참고로, 1990년 가뭄으로 인한 울산지역의 용수부족으로 인해 제조업의 가동율이 15% 떨어짐으로서 1개월 동안의 경제적 손실은 2000억원으로 추정되었다[한국수자원공사, (1999)]. 수도권지역에서 동일한 정도의 물부족이 일어난다면 그 피해는 경제규모에 비례해 훨씬 더 클 것이다. 이와같은 피해를 예방하며 물절약이 물관리의 한 정책이 되기 위해서는 절약량에 대한 정확한 예측이 필요하며 또한 그 예측된 양이 상시 달성될 수 있도록 감시하고 조정하는 모니터링 및 피이드 백 과정이 확립되어 있어야 한다.

따라서 본 고에서는 우리나라에서 현재 추진하고 있는 수요관리 정책 분석과 선진 외국의 수요관리 정책 고찰을 바탕으로 현 시행중인 수요관리 대책을 평가하고 정책 개선방안을 도출하고자 한다.

## 2

우리나라는 다가오는 21세기의 물 부족 문제에 대처하기 위해 수요관리 정책을 적극적으로 추진하고 있다. 구체적으로 국가 물절약 기본목표 설정, 수도사업 시행자 및 공공기관의 수요관리 목표제 도입, 모든 주택 및 건물에 절수기기 설치 유도, 절수형 수도요금제도 도입(누진폭 확대, 계절요율제 도입), 중수도 시설 설치확대, 노후수도관 교체 및 유수율 제고, 하·폐수 처리수의 재이용 확대, 빗물 이용시설 설치 확대, 절수기술 개발 촉진,

물 절약 범국민운동 추진 등이다. 본 장에서는 우리나라의 중앙정부 및 지방정부에서 시행하고 있는 주요 수요관리 대책에 대해 고찰하고자 한다.

## 1.

### 1) 가

중앙정부 차원에서 수요관리 정책을 효율적으로 추진하기 위해 국가 물 절약목표를 수립하고 이의 달성을 위해 절수기기설치 등 다양한 물 절약정책을 추진하고 있다. 우선 2000년 총 상수도 생산량의 4.6%인 270백만톤을 절감할 목표를 수립하였고, 2006년에는 총 생산량의 13.5%인 790백만톤의 절수목표를 수립하고 있다.

< - 2 > (2006 )

			( / )	
총 계		-	790,000	100.0%
절수기기 설 치	소 계	-	290,000	36.7%
	주 택	1,163만 가구	250,000	31.6%
	영업용등	11,500개소	40,000	5.1%
수도요금 현실화		2001년까지 현실화	200,000	25.3%
노후수도관 교체		27,000km	240,000	30.4%
중수도 설치		300개	30,000	3.8%
산업체 물 재이용		공업용수 10% 절약	30,000	3.8%

자료 : 환경부, 물 절약 종합대책, 2000. 3.

## 2)

중앙정부가 수립한 목표를 효율적으로 달성하기 위해 시장·군수 등 수도사업시행자가 물 수요관리를 위한 장기 목표를 설정토록 하여, 물 수요관리를 체계적으로 추진토록 하는 등 공공기관이 물 절약을 우선 실시하여 사회전반으로 물 절약 확산을 유도하기 위해 수도사업자 및 공공기관에 대해 수요관리 목표제를 도입하였다. 구체적으로 수도사업자의 물 수요관리 목표제는 시·도지사가 물 수요관리 목표, 연차별 누수율 저감 및 유수율 증가 목표, 중수도 및 절수설비 보급목표 제시 등이 포함된 수요관리종합계획을

5년마다 수립하여 환경부장관의 승인을 얻어 시행토록 하였고, 수도사업자인 시장·군수·구청장은 세부 시행계획을 수립·시행토록 하였다. 지자체에 대한 수요관리시행계획의 이행을 강제하기 위해 종합계획 및 시행계획 미수립 지자체에 환경부장관의 이행 명령이 가능토록 하였고 명령을 이행하지 않는 경우 해당 지자체에 각종 개발사업을 제한토록 하였다. 제한 가능한 개발사업은 광역상수도 및 지방상수도 인가, 폐수배출시설 설치, 공업단지, 공동주택 건설 등이다. 그리고 공공기관에 대해서는 물 절약 추진을 의무화하여 모든 공공기관이 2003년까지 2000년 기준으로 수돗물 5% 절약을 목표로 물절약을 추진토록 하였다.

### 3)

1998. 3월부터 신축건물에 절수형 양변기 설치를 의무화하였으나 이를 확대하여, 2000. 1월부터 수도꼭지 및 샤워헤드도 절수형으로 설치를 의무화하였다. 기존 건물에 대해서는 절수기기 설치가 의무화되어 있지 않아 공공 근로사업으로 절수기기 설치를 추진하고 있다. 2004년까지 기존 건물 및 업소의 70%까지 절수기기 설치를 목표로 2000년부터 2004년까지 공공근로사업으로 절수기 보급을 확대하고 있다. 일정량 이상의 물 다량 사용업소 및 시설인 경우에는 기존 건물에도 절수기기 설치를 의무화(수도법 개정·공포, 2001.3.28)하였고, 절수기기 미설치시에는 과태료를 부과하여 설치를 촉진하고 있다.

특히 물을 많이 사용하는 숙박업, 목욕장업, 골프장 업소의 경우에는 기존시설이라도 '02. 9. 28까지 일정기준의 절수기를 설치하도록 하고, 동 시한까지 절수기를 설치하지 않으면 300만원 이하의 과태료와 설치 이행명령이 부과할 수 있도록 하였다. 물 다량업소 절수기 설치 의무화는 숙박업소와 목욕장에서 각각 25%와 35%의 수돗물이 절감될 것으로 예상하고 있다.

### 4)

우리나라의 평균 수도요금(397원/톤)이 생산원가(535원/톤)의 74%수준임과 동시 선진외국 수도요금의 1/3~1/6 정도이다. 특히 물 사용량이 가장 많은 가정용과 공업용의 현실화율이 특히 저조하다.

## &lt; - 3 &gt;

	가			
수도요금(원/톤)	276	781	584	183
현실화율(%)	52	146	109	34

자료 : 환경부, 물 절약 종합대책, 2000. 3.

낮은 수도요금이 물 낭비를 조장하고 절수기기 및 중수도 설치 확대를 저해하여 절수기술의 개발을 위축한다. 물수요관리 정책의 효과적 추진을 위하여 수도요금 누진제 확대 및 계절별 요금제 도입이 필요하다. 따라서 수도요금 산정시 소량 사용자는 요율을 인하하고, 다량 사용자는 누진요율을 확대하는 절수형 수도요금제를 강화하고 있다. 물 사용량을 기준으로 과소사용량, 기본사용량 및 과다사용량으로 구분, 각각 다른 요율 계수를 적용하고, 특히 사용량이 많은 하절기 등에는 물 수요가 적은 계절에 비해 평균 10~20% 정도를 가산하여 요율을 적용하도록 하고 있다. 절수형 수도요금체계 도입을 촉진하기 위해 절수형 수도요금체계 도입 및 요금 현실화 부진 지자체에 교부세를 차등 지원하는 등 역인센티브제도를 도입하였다.

## 5)

중수도 설치는 1991.12월부터 이미 물을 다량 사용하는 대형 건물에 중수도 시설을 권장해 왔으나, 중수도 설치·운영비(전기료 등)의 과다 소요로 정책효과가 미흡하였다. 이를 보완하기 위해 설치비의 3%를 법인세 또는 소득세 공제 및 수도요금 일부 감면을 추진하고 일정규모이상 신축 건물에 대한 중수도 시설설치 의무화 및 중수도 시설 설치자에 대한 인센티브 강화로 중수도시설 설치 확대를 추진하고 있다. 반면에 중수도 시설 미설치시에는 체벌(2년이하의 징역) 또는 벌금형(1,000만원이하)의 처분으로 설치를 강제하고 있다.

## &lt; - 4 &gt;

대형 호텔·백화점	건축연면적 60,000㎡이상(객실수 400~500개)
공 장	폐수배출량 1일 1,500톤 이상(1종 사업장 모두, 2종 사업장 일부)
기타 건물	건축연면적 70,000㎡이상(주택공사 본사)

자료 : 환경부, 물 절약 종합대책, 2000. 3.

뿐만 아니라 1단계로 개별 공장 또는 건물에서 발생하는 오·폐수를 처리, 동일 건물내에서 재사용하는 개별순환방식, 2단계로 지역에서 발생하는 오·폐수를 처리하여 공장 등에서 재사용하는 지역순환방식, 3단계로 하수처리장에서 발생하는 하수를 처리, 하수처리 구역내 공장 등에서 공업용수로 재사용하는 광역순환방식 시설 설치 등 다양한 중수도 이용시스템을 도입하여 설치를 유도하고 있다.

## 6) (有收率)

연간 수돗물 생산량의 16%인 10억톤이 누수되어 약 5천억원의 경제적 손실이 발생하고 있으며, 부적정 계량기 사용에 의한 계량기 불감수량(不感水量)이 전체 수돗물 생산량의 9.2%에 해당하고 있다. 이에 비해 OECD 주요 국가의 누수율은 독일 베를린 5.0%, 스위스 제네바 7.9%, 일본 동경 8.9% 등으로 우리나라와 비교할 때 상당히 양호한 수준이다. 우리나라도 누수율 저감 및 유수율 제고를 위해 노후상수도 시설개량, 누수탐사 강화등의 대책을 추진하고 있다. 구체적으로 노후 상수도시설의 실태파악을 위하여 일제조사를 실시하고, 누수량이 많은 구간 및 예산 부담 적은 부분부터 우선 교체를 추진하여 2011년 까지 누수율을 12% 수준까지 강화를 추진하고 한다.

< -5>

	2000	2005	2011
누수율(%)	15	13	12
유수율(%)	—	78	82
불감율(%)	—	5	3

자료 : 환경부, 물 절약 종합대책, 2000. 3.

유수율 제고를 위해 수도관 신증설 및 개보수시에 누수방지 및 누수탐사를 하도록 하였고, 계량기 전수조사를 실시하여 부적정 계량기를 정비하여 계량기 불감율(不感率) 및 유수율(有收率)을 선진국 수준으로 제고코자 하고 있다.

## 7) .

하·폐수는 계절적 변동 없이 상시 일정량이 배출되어 물 부족시대에 안정적으로 이용할 수 있는 수자원이다. 하·폐수 처리수 재이용 의무화 및 인센티브 강화를 통해 처

리수 재이용 확대를 추진하기 위해 시장·군수가 하수도정비기본계획 수립시에 하수처리수의 재이용 계획 및 재이용 시설 설치에 관한 사항 포함을 의무화하였다. 재이용율은 시설용량의 5%이상 되도록 하였고, 용도는 처리장내 세정수, 소포수, 청소용수와 인근 주거·상업시설의 화장실용수, 조경용수 및 산업단지의 공업용수 등으로 활용토록 하고 있다.

개별 공장에도 폐수 처리수 재이용 확대를 유도하기 위해 설비·공정을 물 절약형으로 개선, 폐수발생저감 신기술 도입, 사업장내 오·폐수 재이용 및 수도설비를 절수형으로 교체토록 하고, 폐수 재이용 업체에 대한 인센티브 강화를 위해 폐수 재이용업체에 배출부과금중 기본부과금 감면제도를 신설하여, 폐수 재이용 확대를 추진하고 있다. 그리고 일정규모이상의 사업장에 배출부과금을 폐수배출량에 따라 누진부과하여, 폐수 발생량 저감을 유도하고 있다.

## 8)

물 수요관리는 결국은 물을 사용하는 국민들의 인식제고가 가장 중요한 역할을 한다. 따라서 물 절약에 대한 홍보·교육을 지속적으로 추진하여 국민 생활습관을 개선하여 물 절약 실천의식이 평생 몸에 배도록, 초등학교부터 물 절약 교육을 강화하고 있다. 구체적으로 초·중·고 교과서에 물 부족현상 및 요인, 물 절약 실천방법 등을 포함시키고, 수업 시간에 물 부족 극복 방안에 관한 토론을 실시토록 하고 물 절약 게임 CD를 제작, 전국 초등학교에 배포하는 등 물 절약 교육 프로그램 개발·보급 등 학교교육 활성화를 추진하였다.

그리고 일반 국민을 대상으로는 물관리 유관기관과 협조하여 지역별 Water Tour 코스를 개발하는 등 전 국민을 대상으로 현장체험 위주의 방문·초청교육 실시하고 있다. 그리고 민간단체, 종교단체 등에게 각종 교육·홍보 자료 및 정보를 지속적으로 제공하여, 시민교육에 활용토록 하고 있다. TV·신문 등 언론매체는 국민교육에 큰 영향을 미치므로 이를 적극 활용하여 뉴스, 특집 방송 등을 통해 지속적·체계적인 홍보를 추진하고 있다.

## 9)

기타 수요관리 시책으로 빗물(지붕면적 2,400㎡이상, 좌석수 1,400석 이상인 종합운동

장 또는 체육관 신설시 빗물이용시설 설치 의무화) 및 지하철 용출수(湧出水)의 이용 확대, 상습 가뭄지역에 대한 물절약 및 급수대책, 물 절약 투자사업(WASCO)<sup>1)</sup> 전문대행시스템 도입, 절수기술 개발 촉진, 지자체의 물 수요관리 행정 평가 및 인센티브 제공 등을 추진하고 있다.

## 2.

중앙정부의 물수요관리 지침에 따라 각 지자체는 국가 목표를 달성하기 위해 다양한 시책을 마련하여 추진하고 있다. 여기서는 서울시를 중심으로 지자체에서 수행하는 물수요관리 대책을 고찰하고자 한다. 서울시에서는 물 절약을 통한 ‘서울댐 만들기’ 등 물 절약 종합대책에 따라 다양한 물 수요관리 시책을 추진하고 있으며, 구체적으로 노후 수도관 교체 및 누수발생 감소를 통한 유수율 향상, 신축 및 기존건물에 절수기기 설치, 중수도 시설 설치 등이 있다.

### 1)

서울시에서는 상수도 업무의 중점추진 과제로 유수율 향상을 기본목표로 하여 실질적으로 시행 가능한 계획을 수립하고 관련된 모든 부서가 전 행정역량을 집중하여 추진하고 있다. 유수율은 90년대의 60% 수준에서 2000년대 초반에 80% 수준으로 향상시키는 것을 목표로 추진 중에 있다.

< - 6 >

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
유수율 목표	64.2%	68.21%	72.04%	75.0%	78.0%	80.0%

유수율 향상을 위해 누수량 최소화, 조정량증대, 생산 및 공급량 통제, 유수율 향상을 위한 기반 구축 등을 중점 추진하고 있다. 우선 누수량의 최소화를 위해 블록별 노후관 정비 추진, 체계적인 누수탐지(야간 최소유량 측정) 실시, 블록별 유수율 측정 추진, 가압 급수 지역의 유수율 향상 추진, 재개발 지역 배급수관 관리 철저 등을 추진하고 있다. 조정량

1) WASCO(Water Saving Co.) : 민간이 기술력과 자금으로 물이용자의시설에 절수시설 등을 설치 후 절약된 운영비로 투자비와 이윤을 회수하는 사업



증대를 위해서는 검침 및 요금조정 분야 점검 철저, 수도계량기 미 감지량 저감대책을 추진중이고, 생산 및 공급량 통제를 위해서는 관말지역에 적정 관압을 유지하는 등 생산량 통제 강화, 유량계측 시설의 철저한 관리, 배수지·가압장 시설의 적정 관리 등을 추진하고 있다. 유수율 향상을 위한 기반 구축을 위해서는 수도 계량기 조사 및 연구추진과 사업소별 유수율 제고대책 추진실적을 평가하여 개선을 위한 자료로 활용하고 있다.

노후 수도관 교체 및 배 급수관 정비는 유수율 제고에 가장 중요한 사업이다. 서울시에 부설되어있는 상수도관의 총 연장은 17,477km로써 그 중 노후 상수도관을 '84년부터 정비하기 시작하여 2000년까지 12,517km를 정비하고 2001년 현재 2,739km가 남아 있으며, 2005년도까지 완료할 계획이다. 배급수관 정비 추진방향은 소 블록별 바둑판 모양의 배수관망 구축 및 관망형성 중점추진, 수요가의 직결급수에 충분한 배수관 부설, 블록내 노후 배급수관 및 불용관 일괄정비 추진 등이다. 블록형성은 대, 중, 소블록으로 나누어 대블록은 수도사업소별 관할 구역별로 11개, 중블록은 대 배수지 수계의 43개, 소블록은 대 배수지 수계의 2,037개로 도로, 하천, 표고 등으로 구분하여 형성하였다. 소블록 구축은 블록내 배수량을 적정하게 배분하고, 직결급수를 대비하는 바둑판 모양으로 배수관망을 구축하고, 소 블록별 누수량 관리를 위한 블록고립 배관정비사업을 우선 시행토록 하였다. 그리고 배수지별 환상형 급수체계 구축하여 무단수 급수가 가능토록 하고 있다.

## 2)

수도법에 의거 2000. 1. 1일 이후에 신축되는 모든 건축물은 절수기기 설치가 의무화되어 있으며, 또한 기존건물에는 법 제11조의2제2항의 개정규정에 해당하는 자는 2002. 9. 29(법시행 후 1년이내)까지 절수설비 및 절수기기를 설치하도록 명기되어 있다. 절수기기 설치사업 추진방향은 다음과 같다.

- 사업추진 및 파급효과가 큰 건물위주 우선 시행(공동주택: 아파트)
- 절수효과를 많이 거둘 수 있는 분야 우선 시행(양변기 절수기기)
- 물 아껴쓰기가 생활화 될 수 있도록 유도
- 공공기관 및 학교(초·중·고)우선 시행
- 공공근로인력을 활용 저소득 시민 일자리 제공

## &lt; - 7 &gt;

		2001	2002	2003	2004
계(가구 천호)	3,242	356	356	1,265	1,265
변기 절수장치	1,424	356	356	356	356
수도꼭지 절수장치	1,818	-	-	909	909

기존건물의 절수기기 설치는 민간단체와 협약에 의거 민간단체의 전문성과 경험을 활용하여 공공근로 인력과 사업비를 투자하여 가정에 절수기기를 무료로 설치하고 있으며, 사업효과분석을 위해 절수기기를 설치한 30,382세대(200세대 이상 아파트 50개 단지 표본조사)를 조사한 결과 절수율이 10% 수준인 것으로 파악되었다. 월간 절수량은 126천㎥으로 세대당 4㎥, 절수금액 1,376원으로 산정되었다.

## 3)

수도법에 중수도 관련법규가 개정(2001. 3. 28일, 시행 2001. 9. 29) 되어 “물을 효율적으로 이용하기 위하여 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설, 공장으로서 1일폐수 배출량이 1천500제곱미터 이상인 시설, 기타 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설은 시설물을 신축(증축·개축 또는 재축)하고자 하는 자는 단독 또는 공동으로 사용수량의 10% 이상을 재이용 할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 하며, 중수도의 설치결과를 환경부령이 정하는 바에 따라 시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다”라고 설치를 의무화하였다. 이와같은 법 개정으로 권장사항이 의무사항으로 되었고, 미설치시 1,000만원이하의 벌금을 부과하도록 되어 있다.

이에 서울시의 2001년 기준 중수도 설치현황은 총42개소로 설치완료가 잠실 롯데월드외 18개소, 시공중인 것이 흥국생명보험(주)외 12개소, 계획 중인 것이 (주) 국민은행외 9개소이고 서울시에서 ‘95~2001까지 211개소에 대해 설치권고를 하고 있다. 중수도 가동현황은 잠실 롯데월드외 15개소가 가동중이고 미가동시설은 대림 아크로텔 (350㎥/일), 리버타워 빌딩 (120㎥/일), 현대 백화점 (100㎥/일)로서 사유는 운용비 과다로 파악되고 있다.

## 3

현재 전 세계적으로 물 문제 해결을 위해 공급위주 정책에서 다양한 수요관리 대책을 추진하고 있다. 주요 국가의 수요관리 대책은 우리나라와 같이 절수, 재이용, 경제적인 인센티브시스템 등을 이용하고 있다. 주요 국가별 수요관리 대책은 각각 다음과 같다.

## 1.

## 1)

## (1)

절수관련 법령으로는 음용수 안전관리법(Safe Drinking Water Act)과 청정수법(Clean Water Act)이 있고 담당 행정부서는 미국 환경보호처(US EPA) 물관리국(Office of Water)이다. 미국 환경보호처의 물관리국은 상수원 및 지하수 보호, 물 오염의 방지 및 제거 등에 관한 정책의 수립·집행과 타 부처 및 주정부와의 정책 조정·협조 업무를 담당하고 있다. 주요업무로서는 국가 물관리계획(National Water Programs), 수질보전 실천계획(Clean Water Action Plan), 물이용 효율화 계획(Water Efficiency Program) 등이 있다.

한편 미국 의회는 1996년 8월 음용수 안전관리법(Safe Drinking Water Act: SDWA) 개정안을 의결하였으며, 이 법에 따라 미국 환경보호처(US EPA)는 1998년 8월 「물보전계획 지침(Guidelines for Water Conservation Plan)」을 수립하여 시달하였다. 동 지침은 일정규모 이상의 수도사업소에서 물 보전계획을 수립하는 기준과 방안을 제공하기 위한 것으로, 연방 지침의 개발, 실행에서 각 주의 역할과 물 보전 정책의 중요한 단계를 규정하고 있다. 이에 따라 환경보호처는 물 보존계획 지침 소위원회(Water Conservation Plan Guidelines Subcommittee)를 구성하여 물 아껴쓰기 시책을 추진하고 있다.

## (2)

## (Water Conservation Plan Guidelines)

물 관리 기관에 제공되나 연방법에 의한 강제규정은 아니며, 물 보전계획단계에서 필요한 내용을 규정하고 있다. 지침에서 제시한 물 보전계획에 필요한 사항으로는 보전계획의 목표, 물 관리체계의 개발, 수요예측, 설비계획, 절약대책, 비용과 편익의 분석, 대안의 선택, 수자원의 통합과 예측, 실행과 평가 전략 등이다.

## (3)

## (WAVE; Water Alliances for Voluntary Efficiency)

환경처의 공공·상업부문에서의 물 아껴쓰기 및 물이용 효율화 촉진을 목적으로 물 수요 감축과 수질오염 방지를 위한 WAVE 운동을 전개하였다. WAVE에 의한 절수효과는 상·하수 비용을 30%까지 감소하는 효율적 물 소비대책을 제안하였으며, WAVE의 절수관리 소프트웨어(WAVE-Saver Water Management Software)는 WAVE 회원에게 최대한 효율적으로 물을 사용할 수 있도록 제공되는 PC에 기초한 대화식 소프트웨어로 물 사용을 조사할 수 있도록 도와주어, 물 사용비용의 증감을 계산가능토록 하였다. WAVE 구체적 내용은 교육분야에서 상술하였다.

## 2)

## (1)

Denver시 물관리대책은 미래의 용수수요와 공급에 대한 것을 종합적으로 다루기 위해 10개의 부문으로 이루어져 있고 이중에서 물보존 및 수요 관리도 중요한 부문을 차지하고 있다. 수요관리는 각각의 물이용자 계층에 의해 절약될 수 있는 물의 양, 어떻게 절약이 달성될 수 있는가, 프로그램을 실행하는 편익과 비용 등에 대한 것이 있다. 각각의 수요관리 대책에 대해 중점적으로 검토한 사항은 실행가능성, 결과의 계량화 가능성, 절감효과의 확실성과 지속성, 절감방안의 경제성, 소비자에게 돌아가는 편익, 지역 목표와 가치와 적합성 등이다.

가장 큰 문제는 다양한 프로그램에서 물 절약에 대한 유용한 데이터의 부족이었다. 유용한 데이터의 부족을 극복하는 과정은 어려운 것중 하나였다. Denver Water는 기존의 프로그램의 절약을 모니터링하고 평가하는 프로그램에 착수하였다. 직원들은 카운티주위의 다른 단체로부터 절약데이터를 계속 찾고 있다. 이러한 증거없이 물보존에 대하여 물이용자들이 거의 행동을 취할 필요를 느끼지 못할 것이다. Denver Board of Water Commissioners는 지난 몇 년 동안 물요금을 인상하였다. 그리는 이는 용수절약에 대한 물이용자의 주위에 초점을 두고 있다. 가장 큰 과제는 물이용자들의 인식과 참여를 이끌어 내는 것이었으며, 1993년 6월 전 화설문에서 물 이용고객의 99%는 물보존이 매우 중요하거나 중요하다고 인식하였다.

## (2)

정원용 살수용수로 수도물을 사용하기 때문에 1일 1인당 물 사용량이 1,514L로 남부 플로리다의 수질관리국 관할구역 중에서 1인당 물 사용량이 가장 높은 도시이다. 따라서 물

아껴쓰기 방안으로 절수카드제와 절수형 수도기기를 개발하여 적용하였다. 절수카드제는 가정에서 사용한 소비량을 시간당으로 측정할 수 있는 전자계량기를 각 가정에 공급하고, 소비자는 한달 동안 필요로 하는 수량에 따라 절수카드를 구입하며, 사용한 양만큼 카드에 기록된 할당량에서 지워져 나가고, 할당된 수량을 모두 소비하였을 경우에는 급수 시스템이 자동적으로 차단되어 소비자는 다른 카드를 구입하여야 한다. 새로운 카드를 구입할 때에는 물 아껴쓰기에 대한 지원기금으로 매우 비싼 금액을 지불해야 하며, 구입하기 전에 물 아껴쓰기와 관련한 봉사활동을 한 후에야 구입이 가능하다.

### (3) (Delaware River Basin)

델라웨어유역은 인구밀도가 아주 높고, 뉴욕, 필라델피아와 같은 산업화된 지역을 포함하며, 델라웨어, 뉴저지, 뉴욕, 펜실바니아의 4개 주가 포함되어 있다. 따라서 물 사용에 따른 문제를 해결하기 위해 1961년 델라웨어 유역 협약(Delaware River Basin Compact)을 설정하고 델라웨어 유역 관리청(DBRC; Delaware River Basin Commission)를 발족시켜 물 공급문제와 오염문제를 다루었다. 1982년 델라웨어 유역 위원회 결의에 의해 유역의 물 절약을 포함한 물관리방안을 제시하였다. 물 절약방안으로는 소비량을 정확히 검침하고, 1987년부터 각 가정에서 사용한 소비량에 비례하여 수도요금을 부과, 100,00gpd(378.5m<sup>3</sup>/d) 규모이상의 시설에는 누수관리 프로그램을 실시(1989년부터 1993년 동안 증가한 소비량과 같으며 누수량의 15.7%인 40mgd를 절약), 1988년 건물의 신축이나 개축 공사시 변기, 샤워헤드 등의 절수 기기의 사용을 의무화하였고, 계절에 따라 다른 요금체계, 초과사용에 대한 부가요금을 적용하는 경제적 유인책 실시 및 유역주민에 홍보와 교육을 실시하는 것 등이다.

### (4)

도시건설 초기에는 수자원이 비교적 풍부하였으나 도시발달로 다른 수원이 필요하게 되었으며, 1991년 시민자문위원회를 결성하여 물 아껴쓰기 정책을 펴 나가기 시작하였다. 물 아껴쓰기 방안으로는 정원용 살수용수 주 2회로 제한, 누진형 수도요금제를 실시, 공업단지의 협조체제를 구축, 누수탐사 프로그램을 실시, 계량기 성능을 시험하고 보수와 대체 계획을 수립 등을 통해 물 사용량의 20% 감소를 계획하였다.

### (5)

서부지역의 최대 수도사업자인 남캘리포니아의 수자원 관리국(Metropolitan Water District

of Southern California)은 장차 부족할 것으로 예상되는 장래의 수요를 대비하여 최적 물 절수관리 실천방침(BMP; Water Conservation Best Management Practices)을 주 전역에 걸쳐 적용하는 계획을 수립하였다. 구체적으로 다양한 사회경제 및 기후적 조건을 가진 150개의 도시에 사는 15백만이라는 많은 주민은 다양한 이해관계에 얽혀 있어 계획을 수행하는데 많은 문제점이 발생하였으나, 주 물 아껴쓰기 연합회를 구성하여 물 아껴쓰기 프로그램인 최적 절수관리 실천방침을 개발하여, 수도사업자들은 효과가 입증된 물 아껴쓰기 방법을 적용하였다. 물 아껴쓰기 방안으로는 현재 적용이 가능한 최적 절수관리 실천방침을 채택하여 보다 효율적으로 물을 사용하기 위하여 물 공급자간에 합의하고 정립된 실천사항으로 실천계획은 기술적으로나 경제적으로 타당성이 있어야 하며, 환경적, 사회적으로 받아들여질 수 있어야 하며, 물 아껴쓰기에 관련된 프로그램의 적용에 따른 이익이 상당한 정도로 달성될 수 있다고 인정되는 기존의 물 아껴쓰기 프로젝트로부터 충분한 자료를 바탕으로 하였다.

예상되는 절수량은 목표년도(2010년)에 물 아껴쓰기 프로그램을 실행하지 않았을 경우 수요량은 61억톤/년으로 1990년보다 37% 증가했을 것으로 예측되었고, 수요관리 대책을 실시했을 경우 절수효과는 목표년도인 2010년에 14.9%로 절수량은 1990년 대비 3.7억톤/년으로 물 값 인상에 따른 절수량 : 5.1%, 배관관리 등 누수방지에 따른 절수량 : 6%, 물 아껴쓰기 프로그램에 의한 절수량 : 3.8% 로 예측하였다.

물 아껴쓰기 프로그램을 10년동안 실행하려면 40-200원/㎥ 정도의 비용이 들어가나, 이 정도의 비용은 현재의 물 값에 비하면 아주 적은 비용으로 충분한 투자가치가 있으며, 또한 앞으로는 물 값이 얼마가 될지 아무도 예측을 못하며, 분명히 현재보다는 물가상승률이상으로 올라간다는 예측에 비추어 볼 때 현재에 적용이 가능한 수단은 모두 동원하여 물소비를 줄여야 한다는 결론을 이끌어 내었다.

## (6)

샌디아고는 건조기후대에 속해 있어서 전체 상수원수의 90%를 북부 캘리포니아와 콜로라도강에서 가져올 정도로 물이 부족한 지역이다. 따라서 물 아껴쓰기 표어가 부착된 용기나 티셔츠를 배포하는 등 시민을 대상으로 물 아껴쓰기 홍보를 실시하고 있다. 이 뿐만 아니라 1991년부터 신축 건물에는 절수 기기(샤워헤드, 변기) 설치를 의무화하였고, 재래식 수도기구의 교체비용을 환불해 주는 제도를 실시하여 가구당 하루 125리터, 정원을 가지고 있는 가구는 하루 78리터의 용수를 절약하는 효과를 거두었다.

## (7)

뉴욕시는 인근 수원에서 가용량은 4백9십만톤/일이나 1994년 물 사용량은 5백만톤/일에 이르고 있다. 정수 및 하수처리시설의 확장이나 신규건설에 소요되는 비용이 크기 때문에 건설 또는 확장하지 않거나 그 시기를 늦추기 위해 물 아껴쓰기 프로그램을 시작하였다. 1991년에 전체적인 물 아껴쓰기 프로그램의 일환으로 우선적으로 10,000가구에 대하여 물 아껴쓰기 시험프로그램을 시작하였으며, 주요 적용 대상은 급배수관 및 물을 사용하는 난방설비에서 발생하는 누수를 검사, 저유량 샤워꼭지와 수도꼭지, 화장실 변기에 절수용기를 설치 등이다.

## 3)

댐의 건설난과 환경보호여론으로 추가적 물 공급이 어려워짐에 따라 연방법에 중수도 설치를 의무화하였으며, 주로 광역적 재이용 즉 하수처리수를 재이용 용도로 이용하고 있다. 특히 애리조나, 콜로라도, 텍사스 등 남부 및 남서부의 건조지역에서 주로 이루어졌으며, 플로리다와 남부캘리포니아와 같은 습윤지역에서도 수질오염방지를 목적으로 중수도를 이용하였다.

## (1) Odessa

텍사스의 Odessa시는 Ratliff 골프장에 하수처리수를 1994년 7월에 공급을 시작하였다. 이 이후 다른 이용자들도 편리하고 비용이 저렴한 수자원을 사용하였다. 고도처리를 통해 중수 이용자들은 상수와 중수를 비교하여 외관과 냄새에서 어떤 차이를 감지할 수 없었다고 한다. 초기에 Odessa시는 그 하수처리장 방류수의 재이용자를 찾기 힘들었으나 고도처리로 인해 수질 우려를 해소하자 이후 세 곳의 골프장이 처리수를 구매하는데 동의하였다. 이는 결과적으로 용수목적의 하루에 3백만 갤런이상의 재이용을 가져왔다. Odessa시는 1956년 이후 하루에 2백만 갤런 이상의 처리수를 산업에 공급해왔다. 그리고 일반 도시지역에도 중수를 공급하기 위해 시험적으로 100가구 단지에 중수와 상수를 공급할 수 있는 이중 물체계(dual water system)를 구축하여 중수(reclaimed water)은 잔디 등 정원으로 공급하고 있다.

## (2)

1977년에 수질오염방지를 위해 「하수배출 0」 정책의 수립에 따라 1978년에 재이용 시

시스템을 설치하였다. 약 7,000개 이상의 가정, 콘도, 공원, 학교, 골프장 등에서 살수용수, 냉각탑 용수, 기타 화재용수로 이용하고 있다. 초기에는 오염물저감을 위해 사용했으나 용수의 절감효과도 큰 것으로 평가되고 있다.

### (3)

캘리포니아주는 대부분의 용수를 타 지역에서 도수해오고 지역 내에서 구할 수 있는 지역수의 의존도가 로스앤젤레스 15%, 오렌지 25%, 샌디아고 30% 이하로 낮다. 미 중서부 지역의 개발에 따라 콜로라도강으로 부터의 도수에도 한계가 있고, 에너지위기 이래 타 지역에서의 수입수의 단가가 상승하는 등의 이유로 배수나 처리수의 재이용에 대한 인식이 높아졌다. 캘리포니아주 전역에 250여개 정도의 시설이 있으며 계속 증가하는 추세이며, 캘리포니아 주정부는 처리수의 재이용 용도별로 인체의 건강면을 고려한 수질기준을 설정하고, 1,000톤의 물을 절약할 때마다 15달러를 보상하는 인센티브를 제공하고 있다.

로스앤젤레스시의 경우, 1962년부터 지하저류형 재이용을 상당한 규모로 실시하였으며, 1972년 하수의3차 처리를 시작하였으며 염소살균후의 생물학적 처리(활성슬러지법)를 거친 물을 지하에 주입하며, 살수지는 로스앤젤레스를 관통하여 흐르는 샌가브리엘 강, 리오혼드 강의 2개 하천근처에 설치하였으며, 3개 처리장의 처리수를 홍수조절수로 흘려보내서 상수용 수원으로 하는 지하수층에 침투시킨다. 침투량은 약 3,000m<sup>3</sup>/일 정도이고, 합계 약 280ha의 살수지를 2~8ha정도의 구역으로 나누어 6일간의 관수, 6일간의 침투, 6일간의 건조기간을 합해 18일간의 주기로 하여 계획적으로 주입한다. 지하주입시에 수질적으로 문제가 되는 것은 질소농도인데 질산성질소의 농도가 지중에서 10mg/L 이하가 되도록 처리수를 개수로의 수입수로 3배 희석한다. 지하수의 양수량은 약 2.2억m<sup>3</sup>/년 정도인데 이중에서 전체의 1/3인 7,400m<sup>3</sup>은 표류수, 천층수 및 용출수등의 지역수이고, 나머지 1.5억m<sup>3</sup>이 하수 재이용과 수입수이다. 하수처리수의 지하 환원량은 약 3,300만m<sup>3</sup>/년 정도로 전체 주입량의 약 15%정도이다. 로스앤젤레스 및 캘리포니아 전역 재이용시스템의 특징은 하수도간선의 적당한 위치에 재이용을 위한 처리장을 건설하여 필요한 양의 하수를 양수하여 목표수질에 맞도록 처리하고, 처리과정에서 발생하는 슬러지는 하수간선에 유출시켜 처분하는 방식을 채용하므로, 수질에는 차이가 있지만 하수간선은 항상 일정수량을 저류하고 있는 취수용 하천이다. 재이용 처리장은 하수처리장과 완전히 구별되는데, 재이용 처리장에는 슬러지 처리시설이 없는 것이 보통이며, 재이용 처리장에서 뽑아낸 하수는 간선을 유하하여 최하류의 하수처리장에 모아서 슬러지와 분리(간이처리



또는 생물학적 처리)하여 바다에 방류한다. 로스앤젤레스는 약 10개소의 재이용 처리장을 가동하고 있다.

#### 4)

1990년 8월 개최된 최초의 절수회의인 물 아껴쓰기 '90은 급수관리를 절수형으로 전환하는 중요한 이정표가 되었으며, 주요 급수관계자 1,500명이 참석한 4일간의 회의에서 물리적, 경제적, 정치적, 정책적 견지에서 절수의 역할을 강조하였다. 미국수도협회와 기타 국가적 물 관련 단체들은 매년 절수회의를 개최하고 있으며 절수 기기 전시와 절수효과 발표회 등을 열고 있다. 에너지정책법이 1992년에 통과되어 1994년 1월부터 적용되기 시작하였으며, 미국인구의 45%에 해당하는 1억 이상의 인구가 거주하는 주요 주에서 절수형 수도 기기와 관련된 법안이 통과되었다.

절수기기에는 변기, 주방용 수도꼭지, 소변기, 샤워 헤드, 세면대 및 욕조용 수도꼭지 등이 있다. 추진사례로서는 매사추세츠주의 경우 1989년 3월 2일부터 건물을 신축, 개조할 때 수세변기는 1회 사용수량을 6L미만의 절수형으로 설치하도록 하였고, 캔사스주 위치타시의 경우 1989년 시민자문위원회를 결성하여 약 20%의 물 사용량 감소를 계획하고 정원용 살수용수 절약, 절수형 수도요금제도, 대대적 시민홍보캠페인을 전개 등의 3가지 정책을 중심으로 추진하였다. 로도아일랜드 주 프로비던스시의 경우 물 아껴쓰기를 위한 정책으로 시민교육 프로그램, 물 아껴쓰기 개조 프로그램, 누수탐사 및 보수 프로그램, 절수를 적용한 수도요금구조 등을 시행하였다. 캘리포니아 주 샌디아고시의 경우, 1994년 기존의 재래식 샤워헤드의 94%를 11L/분 이하의 절수형으로 교체하였고, 재래식 변기의 약 55%를 1회 수세기 6L의 절수형으로 교체하였으며, 실외용수의 경우 정원용 관개시설도 꼭지가 달린 호스를 사용하도록 하고 빗물센서를 설치하는 등 불필요한 관개용수의 낭비를 방지하였다.

< -8>

	1 (L/ )	1가 (2.7 ) (L/ )	1 (L/ )	1가 (2.7 ) (L/ )
절 수 기 기	79.5	214.6	—	—
1980년대 이후	130.6	352.8	51.1	137.8
1980년대 이전	206.3	557.2	126.8	342.2

※ 토수량 6L/회인 변기, 7.6L/분인 샤워헤드와 수도꼭지를 사용한 경우임

## (1) Tampa

플로리다주 Tampa시는 1993년 5월부터 1994년 3월까지 절수형변기(ultra low volume(ULV)) 교체 프로그램을 실행하였다. 대략 530가구가 이 프로그램에 참가하여 700개의 변기가 개선되었다. ULV 변기 설치이전에는 가구당 하루 평균 물이용량은 258gal/house/day에서 ULV 변기 설치후 모니터링 기간동안에는 220gal/house /day로 ULV를 설치를 함으로써 대략 15%의 절약을 가져왔다. 참여자의 만족도를 파악하기 위해 참여자 가정에 질의를 보내 그들이 느끼는 ULV 변기에 대한 전체적인 만족도를 평가하고 전통적인 변기에 대한 ULV 변기의 경험을 평가하였다. ULV변기는 이중눌름, 변기막힘 등에서 기존 변기와 비슷하거나 오히려 더 기술적으로 개선된 것으로 평가하였다. 이와같이 기술적인 문제와 불편없이 절수형 변기 개조후 가정의 총 용수량이 15%나 감소하였다.

## (2)

본격적인 물 아껴쓰기 프로그램은 1993년 중반부터 실행하기 시작하였으며, 실행사항은 저유량 샤워꼭지를 선정하고, 화장실 변기에 대하여 다양한 물 아껴쓰기방안을 실시하였다. 이 프로그램의 목표는 소비량이 큰 수도나 샤워꼭지를 저유량 기기로 교체하고, 누수를 저감시키는데 있으며, 2010년에 1일 1인당 평균 예상절수량은 누수 감소량이 113L/일이며, 화장실변기 및 샤워꼭지에 대한 절수 기기의 부착 및 교체에 따른 절수량이 82L/일로서 전체적으로는 195L/일의 절수를 목표로 하고 있다. 이 프로그램에 따라 1998년까지 시 전체가구 화장실 변기의 1/3을 교체한다는 목표를 설정하여 교체에 필요한 보조금을 확보하여 지급하고 있다. 변기하부의 고무마개에서 일어나는 누수로 인해 화장실 변기에 절수용기를 투입하는 것은 별 효과가 없으며 누수방지가 절수에 효과적임을 밝혔다. 따라서 누수부분에 대한 절수량이 크기 때문에 누수율 저감노력과 화장실 변기 및 샤워꼭지의 교체로 인한 절수량은 2010년에 83만톤/일로 예상되고 2010년까지는 현재에 비하여 누수량을 50% 이상 줄이도록 추진하고 있다. 한편 1992년에 발표한 에너지정책법(Energy Policy Act)에 따라 물 아껴쓰기 실행기준을 더욱 강화하였고 1994년 1월 1일 이후에 제작하는 모든 변기, 수도꼭지, 소변기, 샤워꼭지에 에너지정책법을 적용토록 강화하였다.

&lt; - 9 &gt;

가			
화장실 변기	13~26 L/f <sup>1)</sup>	6 L/f	7~20 L/f
소 변 기	6~19 L/f	3.8 L/f	1.9~13 L/f
샤워헤드	11~30 L/분	9 L/분	1.9~21 L/분
수도꼭지	10~26 L/분	9 L/분	0.9~17 L/분
일인당 일일 사용량	128~208 L/일	81 L/일	49~125 L/분

주<sup>1)</sup> L/f : =liter/flush

## 2.

## 1)

## (1)

관련법령은 물관리법(Canada Water Act)이고 담당행정부서는 캐나다 환경부(Department of Environment)의 물 보존 및 관리팀(Water Conservation Management Team)이다. 캐나다 환경부는 수자원의 보호 및 수질개선, 효율적이고 현명한 물 관리 및 사용의 촉진을 위한 정책의 수립·집행과 정부와 민간기관의 협조업무를 담당하고 있다. 주요정책 및 계획으로는 연방 물 정책 (Federal Water Policy), 녹색계획(Green Plan), 물 보존 계획(Water Conservation Plan), 물 관리 의정서(Water Management Protocol) 등이 있다.

## (2)

캐나다 연방정부는 1970년 물관리법(Canada Water Act)을 제정하고, 이 법에 따라 1971년에 설치된 환경부(Department of Environment)는 1987년 연방물정책(Federal Water Policy)을 수립하였다. 동 정책은 현재 및 미래 세대의 사회적, 경제적 그리고 환경적 요구에 부합되도록 수자원의 보호 및 수질개선, 효율적이고 현명한 물 관리와 사용을 촉진하기 위한 것이었다. 이에 따라 1990년 12월 녹색계획(Green plan)중의 물 보존 실행계획의 수행을 위해 연방정부 안에 여러 연방기관을 대표하는 물 보존 자문단(Advisory Group on Water Conservation at Federal Facilities; WCFF)을 발족하여 1993년 물 보존 계획(Water Conservation Plan)을 수립하였다. 1994년 환경각료회의(Canadian Council of Ministers of the Environment; CCME)는 도시지역의 물 사용 효율화를 위한 국가 실천계획(National Action Plan to Encourage Municipal Water Use Efficiency)을 승인하였다.

### (3) (Water Conservation Plan)

물 보존계획 이전에 설치된 대부분의 연방시설을 효율적인 물 사용을 상태로 전환하고, 각 기관의 물 보존계획에 따른 이행활동을 지원하기 위한 것이다. 계획의 내용으로는 기관별로 물보존 관리팀(Water Conservation Management Team)을 구성하였고, 물 사용량이 가장 많은 시설, 수 처리와 쓰레기 처리비용이 가장 높은 시설, 수리 및 누수 문제의 발생빈도가 가장 높은 시설에 대한 기초조사를 실시하여 최우선 물 감사 대상 및 물 보존 달성기관을 선정하여 물 감사를 실시하고, 물 감사를 통해 물 사용 기기 목록을 작성, 물 소비패턴을 분석, 잠재적 비용 절감액을 추정하여 비용절감방법을 모색하고, 위의 정보를 바탕으로 대상시설에 대해 물 보존 활동계획(Water Conservation Action Plan)을 수립하였다.

### (4) (Water Management Protocol)

물보존계획에 따라 캐나다 공공정부서비스(PWGC ; Public Works and Government Service Canada)에서 제정하였다. 내용은 효과적 방법으로 수자원 시설을 관리하여 물 사용의 효율성을 높이는데 필요한 지침으로 기초적 시설을 선정하고 평가, 물 감사, 물 아껴쓰기 실천 방안 수립, 실천방안을 실행, 실천방안의 효율성 평가 등의 결과를 보고하고 새로운 실천 방안을 수립하는 단계로 구성된다.

## 2)

### (1)

밴쿠버는 1993년 적극적 물보존 프로그램(Active Water Conservation Program)을 수립하여 추진하고 있다. 물 아껴쓰기 방안으로는 빗물 활용을 확대하기 위한 빗물통 설치지원, 물의 과소비 성향이 습관화되기 전에 물의 중요성을 교육하는 학교에 물 아껴쓰기 교육, 공업용수 사용절제를 위한 산업계 워크숍(Industrial Workshops) 개최하여 다른 회사들의 물 아껴쓰기 대책과 성공사례들을 소개, 잔디에 살포수 사용을 제한, 절수형 정원(Waterwise Garden)가꾸기, 처리수를 냉각수로 재이용하는 대책을 실시하였다.

### (2)

레지나는 연평균 1인당 물 소비량은 450L/인·일인데 비해 여름철 물 소비량은 1,140L/인·일에 달하는 등 계절적 편차가 심한 지역이다. 따라서 하절기 용수절약을 위해 절수형

샤워헤드를 사용하여 5분간 샤워를 할 경우 45L의 물을 아껴쓰며, 욕조에 물을 반쯤 채우고 먼도나 손을 씻을 때 1분당 7L의 물을 절약하였다. 전기면도기 사용권장, 부엌에서 산포기를 사용하거나 흐름을 제한하는 수도꼭지를 사용하면 매분 10L를 절약할 수 있는 등 다양한 물 보존지침(Water Conservation Tips)을 배포하였다.

### 3.

#### 1)

절수관련 법령으로는 수자원법(Water Resource Act), 환경법(Environment Act) 등이 있고 담당 행정부서는 환경교통지역부(Department of the Environment, Transport, and the Regions)산하의 환경청(Environment Agency)이다. 환경교통지역부의 물, 토양 담당관(Water and Land Directorate)은 영국의 전반적 물관련정책에 책임을 가지며, 수자원 공급, 관리 등의 업무를 담당하고, 환경청은 수자원, 수질관리, 홍수방제 업무를 담당하고 있다. 주요 정책 및 계획으로는 물 아껴쓰기(Saving Water), 아껴쓰기의 실행(Saving Water-Taking Action), 물 아껴쓰기의 올바른 길(Saving Water-on the right track) 등이 포함된 새 천년을 위한 환경전략(Environmental Strategy for the Millennium and Beyond)이 있다.

#### 2)

1991년 수자원법(Water Resource Act)에 따라 물을 보전하고 분배하며 적절한 사용을 보장하기 위한 의무를 환경청(EA; Environment Agency)에 부여하였다. 1993년 환경청의 “새 천년을 위한 환경전략”에서 제시한 수자원의 적정 사용을 위하여 국립물수요관리센터(National Water Demand Management Centre; NWDMC)를 설립하였다. 국립물수요관리센터의 기능은 국립하천청(NRA; National River Agency) 직원을 훈련시키고, BABE (Burst & Background Estimation) 소프트웨어를 제공하여 수자원 공급회사의 누수 평가를 지원하는 것 등이다. 그리고 물 아껴쓰기 정책의 근간이 되는 보고서인 「물 아껴쓰기」(Saving Water), 「물 아껴쓰기의 실행」(Saving Water - Taking Action), 「물 아껴쓰기의 올바른 길」(Saving Water - on the right track)을 발간하여 배포하였다. 1995년 국립하천청은 물 아껴쓰기와 수요관리정책에 관한 보고서인 「물 아껴쓰기」를 발간하였고, 1997년 환경청은 수자원계획지침, 1999년 물 수요 관리전략을 제정하였다.

### 3) (Water Resource Act)

수자원법은 수요자에게 공급되는 물의 효율적인 이용을 촉진 또는 요구하도록 하는 의무를 물을 공급하는 회사에 부여하며, 공급회사는 수요자를 직접 상대하고, 정부는 회사의 이행에 대한 기준을 세워 평가하는 시스템을 가지고 있다. 강제성을 가진 누수목표를 지정하는 대신 회사로 하여금 경제원칙에 따라 현실적인 목표를 설정하도록 하고, 이들의 진척 상황은 정부나 공공기관에서 점검토록 하고 있다.

### 4)

국립하천청은 1995년 9월 물 아껴쓰기와 수요관리정책에 관한 보고서를 발간하였다. 이에 따르면 수요관리와 관련하여 물 수요를 관리하여 얻을 수 있는 경제적 비용과 이와 동등한 수자원을 개발하기 필요한 비용을 비교하여, 정책의 합리적 선택으로 총급수량의 27%를 절약할 수 있음을 제시였다. 이를 위해 국가 물 아껴쓰기 위원회 구성을 제안하였고 위원회 구성은 다양한 유관 기관간의 협력과 전문성이 전략의 수립 이행에 필수적이므로 공급자, 사용자(산업체, 가정), 수자원공사, 국립하천청, 환경청 등 정부와 관리자, 의사형성자(전문가집단, 환경그룹, 단체)로 구성되며, 전략을 추진하고 점검하며 보고서를 발간토록 하고 있다. 물 공급회사가 물자격증을 취득하기 위해서는 국립하천청, 수자원공사와 협의하고 단수, 누수율 등 수요관리 전반에 관한 내용을 고려하여 설정한 누수목표를 실행하고, 물을 아껴쓰기 위해 건물을 코드화하고 저소득 가정에 대한 내수 미터기 설치 사업을 추진하여야 한다. 국립하천청은 국가 물 아껴쓰기 위원회가 제안하는 누수, 물 수요에 측 및 모니터링, 국가기관간 협력, 수요관리에 관한 연구 및 개발(건물 내의 물 소비와 물 아껴쓰기, 물 아껴쓰기에 대한 효과적 교육방법, 산업체의 물 아껴쓰기, 물 아껴쓰기에 상응하는 세금의 인센티브, 물 수요관리의 경제학, 자동화기술, 수요관리의 수리적 영향 등 7개 분야), 교육 등의 사업을 지속적으로 추진토록 하고 있다.

### 5)

2005년까지의 공공급수관리를 위한 계획으로, 환경청은 수자원공사, 정부와 함께 물의 효율적 사용이 수자원개발의 효과적인 대체수단임을 강조하고 있다. 물 공급회사는 자료를 수집하고 목표를 개발하여 실행하며, 자료, 모델, 정보를 정책입안자와 공유하고 세금 등 정부결정에 참여하고, 매년 수자원계획을 환경청에 보고하고, 보고서를 발간하고 있

다. 정부는 수자원공사가 물 공급회사에 대한 투자계획의 적정성평가에 수자원계획을 반영하도록 감독하고 있다. 물 공급계획 추진과 관련한 「수자원계획」을 물 공급회사에게서 제출 받아 2025년까지의 물 수요예측계획을 구체적으로 제시하고 있다. 환경청은 1999년도 지침을 개정하여 「2000년대의 지역 및 국가 수자원 전략」을 제정할 계획이며, 공급회사는 환경청의 주요 권고사항에 대한 의견을 제시하도록 하고 있다. 환경청의 주요 권고사항은 측정되지 않고 있는 물 소비내용의 구체화, 최적의 가격설정을 위한 작업과 방법을 공유하고, 소비량 평가의 구체화, 물 소비와 관련한 세금체계 검토, 자체적 물 효율 프로그램의 목표를 설정하고 보고, 지속적으로 누수율을 저감, 기존의 수자원을 최적으로 사용하는 동시에 신규 수자원 개발계획의 필요성을 검증하는 이중적 접근방법 채택, 수자원의 개발과 공급을 공유하는 방안 강구 등이 있다.

## 6)

영국에서는 지속가능한 방법으로 수자원을 관리함으로써 물 취수를 줄이도록 계획하고 있다. 처음에는 환경청에 의해 허가된 취수는 기간 제한을 두고 이런 제한은 수자원에 대한 EU 지침에 맞도록 6년마다 다시 평가되고 있다. 게다가 사람들이 도시로 이주하면서, 앞으로의 주요 대도시의 인구는 지속적으로 증가하여 수자원의 문제를 가져올 우려가 있다. 이런 상황에서, 각 지자체는 중수도 등 잡배수이용에 관심을 가지고 있다. 잡배수는 일반적으로 화장실하수를 제외한 한번 사용되었던 모든 생활하수원으로 하며 다양한 용도로 이용될 수 있지만, 화장실 수세만을 위해서 대부분 이용되고 있다.

현재 영국에는 명확하게 잡배수의 이용을 규제하거나 화장실 수세에 이용될 물에 대한 수질에 관한 사항에 관한 규제하는 법률이 없다. 그러나 몇 가지 유형의 잡배수 재순환 시스템이 이미 유통되고 설치되고 있다. 아이들과 애완동물이 변기에서 물을 먹을 수 있고, 변기를 수세하면서 몸에 접촉할 수도 있으며, 수세동안 에어로졸이 생성될 수 있기 때문에, 음용수 기준으로 처리를 하는 것이 하나의 옵션이다. 잡배수 재이용 및 저장된 우수용수 시스템에 대한 특정 수질기준이 영국에서 확립될 때까지, 일부에서는 영국의 목욕수질기준을 지침으로 이용하는 것이 가장 적합할 것으로 주장하고 있다. 목욕수질기준은 음용수 이용을 위한 기준보다 덜 엄격하고, 물과의 물리적 접촉이 있을 뿐 아니라 물 이용시 무의식적으로 섭취가 가능한 상황에 대해 정해지기 때문이다.

영국 정부는 일반 대중이 환경 친화적인 생활양식을 채택하도록 장려하는데 열중하고

있다. 이는 가능한 때마다의 물질의 재순환과 재이용을 의미한다. 이를 촉진하기 위해서는 소비자에게 경제적 인센티브를 주는 것이다. 영국에서는 잡배수 이용은 귀중한 자원을 안전하게 보전하고 지속가능한 개발에 대한 책임을 강화하는 중대한 잠재력이 있는 것으로 인식이 제고되고 있다.

#### 4.

##### 1)

제2차 세계대전 이후 1950년대 후단의 건설 붐 이래로, 일본 정부는 범람 조절, 배수 및 하수 시스템, 상수 및 하·폐수 처리시설, 도시 환경 수자원 내 오락시설 조성 등과 같은 국가 물관리 하부구조 건설에 막대한 투자를 해왔다. 일본의 물 수요관리 등 도시 하수를 재이용에 대한 노력은 전국에서 발생했던 심한 가뭄에 대한 대책으로 1964년부터 시작되었다. 농업 및 조경 관개에 주로 적용되는 많은 다른 나라의 하·폐수 재생이용과 재이용 관례와는 다르게, 일본의 물 재이용은 전적으로 화장실 수세, 환경적 물, 하천 내 흐름으로 첨가, 산업 재이용 등과 같은 도시 비음용수 적용에 기울이고 있다. 일본이 비록 1714mm의 연평균 강우량, 수백 개의 댐과 저수지를 가지고 있지만, 빈번하고 심한 가뭄이 광범위한 지역에서 발생해 왔다. 일본의 빠른 경제 성장과 도시지역의 인구 집중 때문에, 대도시의 물 수요는 상당한 경제적, 환경적 비용을 감수하며, 물 공급시스템의 신뢰도를 확대하고 새로운 수자원 개발을 필요로 해왔다. 이와 같은 상황을 완화하기 위해서 물 재이용을 위주로 한 정책을 중앙정부의 지원으로 일본의 많은 도시에서 실행되고 있다.

일본에서 대부분의 하천수리권은 논에 관개하기 위해서 역사적으로 배분되어 왔고, 다른 물 권리자들간의 물 이동은 좀처럼 일어나지 않았다. 최근에, 통합적 수자원관리에 대한 몇몇 옵션이 유역관리의 일환으로 연구되어 왔다. 물 이용 효율성은 상대적으로 낮은데, 이는 태풍과 몬순 계절의 장마와 강 흐름이 빠르게 바다로 흘러 들어가는 거대한 지형 때문이다. 이와 같은 물리적 문화적 환경에서, 물 재생이용 및 재이용이 일본에서 도시지역에 위치한 ‘새로운’ 수자원으로 검토되었다. 많은 도시에서 도시가 빠르게 성장하고, 하수도와 홍수 제어 수로가 이어서 건설되기 때문에 많은 작은 도시 하천은 간과되어왔고, 대부분의 수중 환경은 파괴되었다. 그러므로 최근 수환경의 복원 및 재생이용된 물을 이용한 수중 오락시설 등이 건설성과 많은 지방자치체에 의해서 하수도와 하·폐수 처리시설



등에 대한 적극적인 투자로 장려되고 있다. 다른 나라와 마찬가지로, 재생이용된 수질과 관련된 대부분의 중요 문제는 공중보건의 보호이다. 하·폐수 재생이용 및 재이용에 대한 균일하게 시행할 국가적 수질기준이 있는 것은 아니지만, 여러 일본 행정부서가 재생이용된 수질 준거치를 수립하여 왔다. 화장실 수세를 위한 수질 준거치는 건설부, 건강복지부, 국제통상산업부 등과 함께 1981년에 만들어졌다.

## 2)

### (1)

동경에서는 물 수요관리를 위해 1973년 1월 「수도수요를 억제하는 시책」을 발표하였고, 1983년 「절수형 도시 추진위원회」를 설치하였다. 1987년의 가뭄을 계기로 「절수형 도시창조를 생각하는 간담회」를 개최하여 주요 시책 추진방향을 제시하였다. 물 아껴쓰기 방안으로는 첫째, 동경시청에서 취사, 세탁, 목욕 등의 일상활동 속에서 실행할 수 있는 구체적인 물 아껴쓰기 방법을 소개하고, 상설 물 아껴쓰기 상담전화를 설치하여 시민 모두로부터의 상담에 대응하는 등 물 아껴쓰기 의식 고양에 중점을 두었다. 둘째는 절수형 기종의 개발을 생산자에게 요청하고, 보급을 촉진하는 등 절수형 기기를 개발·보급하였다. 그리고 누수방지대책을 사업운영의 우선적 중점시책으로 삼고 적극 대처하여, 그 결과 1983년까지 15%를 넘었던 누수율을 1995년 9.3%까지 개선하였으며, 2000년까지 누수율을 7%로 낮춘다는 목표를 설정하여 계속적으로 사업을 추진하고 있다. 누수의 대부분은 급수관에서 발생하고 있으므로, 도로하부에 매설된 대부분의 급수관을 스테인리스 강관으로 교체하였고, 보다 효율적인 누수 발견기기 개발 등 기술개발을 추진하였다. 그리고 물의 효과적 이용을 위해 수세식화장실, 세차 등에 사용하는 잡용수는 음용수만큼 깨끗할 필요는 없으므로, 물의 유효이용을 촉진하기 위해서 순환이용시설과 우수이용시설의 도입을 추진하고 있다. 공업용수를 잡용수로 이용할 수 있는 지역은 제한되어 있어 잡용수의 이용을 촉진하기 위해 1983년 1월 「잡용수 이용에 관한 지도지침」을 제정하였으며, 이 지침에 의해서 잡용수를 대량으로 사용하는 빌딩을 건설하는 사업자에게 순환이용시설의 설치를 요구하여 1996년 3월말 334개소의 시설이 설치되어 가동중이다.

### (2)

1978년 후쿠오카는 큰 가뭄으로 287일간 제한급수를 하는 사태가 발생함에 따라 「후쿠오카 절수형 물 이용 등에 관한 조치요령」을 제정하여 안전 급수의 확보에 노력하고, 물

의 효율적 이용과 시민의 물 아껴쓰기 의식을 고양하는 등 「절수형 도시 만들기」를 진행하기 위한 다양한 시책을 마련하여 추진하고 있다. 물 아껴쓰기 방안으로는 지대의 높낮이에 상관없이 시내 전역에 공평하고 원활하게 급수하고 수원의 다원화로 정수장마다 다양한 물 사정에 대응하기 위해 1991년 5월 정수장에서 수도꼭지까지의 물 흐름과 수압, 배수를 조절하는 물 관리센터를 설치하였다. 그리고 정수장간 배수의 상호 협조, 블록에 따라 수요에 맞는 적절한 수압조정으로 필요이상의 수압에 의한 누수를 방지하는 장치를 설치하였다. 즉, 배수관에 부착되어 있는 63개소의 유량계와 110개소의 수압계의 정보를 기초로 하여 밸브의 개폐를 조절하여 상시 변동하는 유량과 수압을 조정하여 시내의 21개 블록별로 균형 있게 급수하고 누수를 방지하였다. 자동차의 증가 등으로 도로 밑의 배수관이 심하게 파손되고 보이지 않는 곳에서 누수가 일어나고 있는가를 조사하는 누수조사를 계획적으로 실시하여 누수장소를 조기에 발견하고 수리하도록 하였다.

후쿠오카시의 배수관의 총 연장은 1994년 말에 3,286km이며 한해에 70km를 설치하고 있으며 그 중 31km의 노후한 관을 교체하고 있는 등 수도관개량을 지속적으로 추진하고 있다. 합리적인 물 사용을 위해 한번 사용한 물을 처리하여 수세식 변소, 가로수 급수 등 음용수 이외에 활용하는 잡용수도 보급을 추진하기 위해 잡용수도 장려 보조금제도를 설치하였다. 잡용수도는 1994년까지 광역순환방식, 지구순환방식, 개별순환방식의 3가지 방식을 시내의 292시설과 2지구에서 설치하였다. 또, 부엌과 또 욕실 등에서 자주 개폐하는 수도꼭지에 개폐시 물의 낭비를 줄이는 절수 기기를 설치하는 등 절수 기기의 보급을 확대하고 있다. 물 아껴쓰기 의식 고양을 위해 1979년 「후쿠오카 절수형 물 이용 등에 관한 조치요령」을 제정하고 동시에 물의 순환을 나타낸 절수마크를 만들어 물을 소중히 하는 도시를 만들기 위해 노력하고 있다. 이외에 「물을 소중히」하는 캠페인을 실시하고, 매년 6월 1일을 「물 아껴쓰기의 날」로 제정하여 시행하고, 매년 6월 1일부터 8월 31일까지를 「물을 소중히 여기는 캠페인 기간」으로 정하고 물 작품대회, 물에 관한 뮤지컬, 어린이 수도시설 견학, 정수장의 개방 등을 실시하고 있다.

### 3)

지방 정부는 중앙정부에 의해서 보조되는 하·폐수 재이용 프로젝트를 수행하여 왔다. 예를 들면, 1960년대의 산업발달 기간에, 도쿄시 정부는 도쿄만의 해안지역의 지하수가 과도히 고갈되는 것을 막기 위해서 재생 이용된 도시 하·폐수를 이용하는 산업용수 공급을 장려하였다. 다른 시에서는, 하·폐수 재생이용이 하수도 및 하·폐수 처리시설의 건설에

서 나타나는 긍정적인 이미지로 장려되었다. 재생이용된 물은 이런 도시들에 의해서 안전하고, 믿을 수 있으며, 심미적으로 유쾌한 새로운 수자원으로 화장실 수세, 하천 내 흐름, 도시 수중 오락시설, 환경의 복원을 위한 물로써 장려되어 왔다. 환경적 목적을 위한 물 재이용은 다음과 같은 특징을 가질 수 있다:

- 재생이용된 물은 화학적 응집, 여과 그리고 색깔과 곰팡이 냄새를 제거하기 위해서 종종 오존처리 등의 3차 처리로 처리된다.
- 재생이용을 위한 물 분배 시스템은 복잡한 파이프 네트워크가 사용되지 않는다.
- 유지 작업은 하수처리장 직원에 의해서 정상적으로 수행되어, 운영비용과 유지비용이 낮게 유지 된다.

< -10>

준거치	총 대장균 수(CFU/100 ml)	≤1000	불검출	불검출
잔류 염소(결합된), mg/L	미소 량	≥0.4	—	—
지침서	외 관	불쾌하지 않음	불쾌하지 않음	불쾌하지 않음
	탁 도	—	—	≤10
	BOD, mg/L	—	—	≤10
	악 취	불쾌하지 않음	불쾌하지 않음	불쾌하지 않음
	pH	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6

재 이용을 위한 수질 준거치는 총 대장균의 경우 비슷한 경우의 캘리포니아의 2.2/100ml 와 비교해서 높은 1000/100ml fecal 대장균이하이다. 그러나 지방정부는 중앙정부의 준거치보다 엄격한 기준을 운영하고 있으며 도쿄시 정부는 캘리포니아의 준거치와 비슷하거나 더 엄격한 하·폐수 재생이용 및 재이용 준거치를 이용하고 있다. 재생이용된 물이 화장실 수세와 건물 내에서 다른 용도로 사용되는 상업 건물의 교차-연결 조사를 강화하고 공중 보건을 보호하기 위해서, 더 통합적인 재생이용된 수질 준거치를 가까운 장래에 채택하는 것에 대해 정부 기관간의 논의도 있다.

일본의 물 재이용은 싸지 않다. 먹는 물 가격의 약 80%의 재생이용된 물에 대한 표준 가격이 일반적으로 일본에 적용되지만, 후쿠오카 시의 재생이용된 물에 대한 보고된 생산비용은 음용수 가격이 \$1.88/m<sup>3</sup>에 비해 \$2.01/m<sup>3</sup>이다. 재생이용된 물의 소비자 가격은 음용수 가격이 \$3.73/m<sup>3</sup>에 비해서 평균 \$2.99/m<sup>3</sup>이다. 재생이용된 물의 작은 이익에도 불구하고, 후

쿠오카시는 하·폐수 재생이용 및 재이용 시스템에서 이익을 창출해 왔다. 그러나, 서비스 지역을 넓히고 도심지역의 상업 건물을 개조하기 위해서는 시 공무원의 단호한 노력이 필요하다. 20년 이상의 기간동안 후쿠오카시의 경험으로 판단하면, 화장실 수세를 위한 물 재이용은 경제적으로 물이 부족한 많은 도시지역에서 정당화될 수 있다. 게다가, 도시 재개발에서 새롭게 조성된 공원과 운동장, 골프코스, 물 오락시설 적용에 대한 용수로서 재이용된 물은 정당화될 수 있다. 일본의 물 재순환 지출에 대한 또 다른 이유는 건물 내 이중의 분배 시스템의 설치와 건물이 뿔뿔이 들어차고 혼잡한 지역 내에 파이프라인의 설치와 관련된 비용이다. 이와 같은 재생이용된 물 가격은 새로운 수자원에 대한 경쟁을 반영하고, 이런 지출은 매우 도시화된 도시지역에서 필요한 거래비용이다.

최초의 계획된 하·폐수 재생이용과 재이용은 하·폐수 처리 설비에 가까운 도쿄에서 종이 제조 공장의 산업용수 공급을 위해서 실험적인 프로젝트로 1951년에 시작되었다. 그러나 진정한 하·폐수 재이용 노력은 일본 전역에 발생했던 심각한 가뭄에 대한 대책으로 도쿄 올림픽 1년 전인 1964년에 시작되었다. 그 사이 기간동안 댐과 저수지가 증가추세로 건설되었지만, 빠른 경제 성장과 대도시의 인구 집중으로 인한 물 수요는 용수 시스템의 신뢰도는 압박 받았다. 예를 들면, 1978년 규슈섬 북쪽, 후쿠오카시(현 인구: 1.3 백만 명)에서의 장기간 가뭄으로 인해 시민들은 283일동안 심각한 용수 공급의 한계를 수용할 수밖에 없었다.

1997년까지, 일본의 163개의 공공 하·폐수 처리 설비(POTWs, Publicly owned wastewater treatment plants)는 192지역에 물 재생이용과 재이용을 공급했다. 게다가 1475 현지의 개별 건물과 전 블록 물 재생이용 및 재이용 시스템은 상업 건물과 아파트 단지에 화장실 수세수 뿐만 아니라 조경미화를 위한 물을 공급했다. 재생 이용된 물은 연간 대략 206백만 $m^3$ 이었다. 농업 관개가 주로 물 재이용이 적용되는 많은 다른 나라들과는 다르게, 일본의 물 재이용은 명확히 도시 비음용수에 적용되었다는 것은 주목되어야 한다. 또한, 도시 환경에서 수중 오락시설을 복원하기 위해서 개울 내 흐름을 증가시키고 환경적 물을 공급하는 것은 건설부 자금 하에서의 큰 부피로 재생 이용된 물 이용에서 최근 경향의 특징이다. 게다가, 작은 농어촌은 하·폐수 처리 및 물 재이용을 위해서 농수산부와 같은 다른 부서에서 정부의 보조금을 받는다.

## 4)

통상산업성은 절수형 기기 인정제도를 실시하고 있는데, 1980년 10월 제정한 「절수형 우수 기기 인정제도요강」에 따라 통상산업대신은 물 소비량의 절감에 현저한 효과를 갖는 기기를 절수형 우수 기기로 인정하여 마크를 부여하고 있다. 「절수형 기기 등의 형식 심사기준」에 따라 일본수도협회의 형식심사위원회는 급수 기기 및 유니트화 장치에 대하여 절수목적 달성을 위해 필요한 사항을 정하고, 기기의 종류를 절수형기와 절수가 가능한 기기로 분류하여 심사하고 있다.

절수기기의 종류로는 변기용, 수도꼭지용 등이 있다. 변기용 절수장치는 절수형 변기와 조합하여 사용하는 절수형 탱크 및 절수형 대변기용 수세밸브가 있다. 수도꼭지용 절수장치는 유량밸브, 포말식 수도꼭지, 절수디스크 등이 있고, 온·냉수 혼합기의 절수장치 종류로는 싱글레버식 온수혼합 수도꼭지, 일시 지수기구 부착 온냉수 혼합 수도꼭지, 서머스타트 부착 온냉수 혼합 수도꼭지 등이 있다. 자폐기기로서는 수세위생 세정밸브, 자폐식 수도꼭지, 전자식 수도꼭지 등이 활용되고 있다. 소변기 세정용 절수장치는 광전센서로 사람을 감지해 자동으로 소변기를 세척하는 기기와 소변기내에 요성분을 감지하는 장치로 자동으로 수세하는 감지제어방식 기기와 화장실의 조명이나 환기장치스위치와 연계하거나 24시간 타이머, 주간프로그램을 조합하여 야간이나 휴일의 불필요한 물 낭비를 대폭 줄이도록 한 정시제어방식 등을 활용하고 있다.

## 5)

건설성 하천국에서는 물 아껴쓰기와 관련한 365일 물 아껴쓰기 매뉴얼을 발간하여 국민들에 배포하고 있으며 주요 내용은 다음과 같다.

## (1)

일반인들의 생활 중에 어떤 용도로 어느 정도 양의 물이 사용되는지를 설명함

## (2)

인구와 도시기능이 집중된 수도권에서는 1964년 동경에서 50%의 제한급수가 실시된 것을 시작으로 1973년, 1978년, 1987년, 1990년 등 갈수기가 지속되어 심각한 물 부족 사태가 벌어졌음

## (3)

가품으로 인한 생활의 악영향에 대해 구체적인 예를 들어 설명함

## (4)

목욕시, 세탁시, 주방, 세면대, 화장실 등에서의 물 아껴쓰기 방법 가정에서 가능한 갈수 시의 물 아껴쓰기 방법을 25가지로 정리함

## (5)

소사전에서 정리된 25가지의 물 아껴쓰기 방법을 실생활에서 적용하기 쉽게 흐름도로 정리함

## (6)

일반가정 68세대를 대상으로 물 아껴쓰기 소사전의 물 아껴쓰기 방법에 따라 1주일동안 실제 절수실험을 행한 결과 1인 평균 1일 물 사용량의 약 57%까지 물 사용량을 아껴 쓸 수 있는 것으로 나타남

## 5. 가

### 1)

현재 국내에서 추진중인 물절약을 중심으로 하는 수요관리에 관한 개선점을 파악하고자 국내보다 앞서 물절약 운동을 펼쳤던 국외 사례들을 조사·비교하였다. 미국의 경우에는 본격적인 절수 시책은 대개의 지역에서 1990년대를 전후하여 시행되었다. 지역 특성에 큰 상관없이 대부분의 지역에서 지속적으로 증가하는 물의 수요량에 비해 공급 용량의 제한 문제가 발생하여 적극적인 절수 사업을 이행하였다.

<표-11>에 제시된 바와 같이 대부분의 지역에서 절수 기기의 보급을 통한 절수 효과를 꾀하기 위해, 리베이트 정책 및 무료 보급 등 절수 기기 보급의 확장에 많은 노력을 기울였고, 지역 특색에 맞는 옥외 물 사용량 절감, 누수 방지 및 수리, 관거 유량측정시스템 설비, 교육 프로그램 개발 등 다양한 절수 사업을 시행하였다. 절수 사업으로 발생한 물 절약 효과는 절수 기기의 도입 정도에 따라 10 - 20% 로 나타났고, Houston과 Nashville, Santa Monica 등의 지역에서는 절수로 인한 금전효과의 기대치도 산정 하였는데, 대체로 투자비용의 2, 3배 이상의 효과를 얻을 수 있다는 결과를 얻었다.

## &lt; - 11 &gt;

Florida, Boca Raton	경작시 사용되어 질 수 있는 절수기기 보급, 정원용수 사용에 대한 횡수와 시간대 제한	일인당 물 사용량의 24%를 줄임
Albuquerque, New Mexico	1992년부터 실시, 절수형 수도기기 및 양변기(1.6gpf) 도입. 옥외 물 사용량 감소에 중점, 절수기기 설치에 리베이트 정책 사용	일인당 물 사용량이 16% 감소(기준 목표량 30%)
Asheville, North Carolina	1993년부터 실시, 절수형 수도기기 무료설치, 양변기(1.6gpf) 도입, 절수교육 캠페인 개최 양변기 교체에 리베이트 정책 사용	기존의 물 공급 서비스 체제를 유지하면서 약 10%의 절수 효과
Houston, Texas	1993년부터 실시, 절수 교육 프로그램, 절수형 수도기기 무료 설치, 양변기(1.6gpf) 도입	18%의 물 사용량 감소, 1달러 투자당 3.7달러의 금전효과 발생 예측
Los Angeles, California	1990년부터 실시, 절수기기 리베이트 정책 및 무료 보급, 절수 교육 프로그램 실시	15%의 물 사용량 감소
Nashville, Tennessee	1997년부터 실시, 에너지절약 사업과 병행하여 사업 진행, 절수기기 도입, 누수 조사 및 수리 실시,	최고 1,300,000 달러(연간)의 금전이익 발생 예측
New York, New York	1992년부터 실시, 누수 조사 및 수리, 관거 유량 측정 시스템 완비 (150만 달러 투자에 200mgd 절수효과 예측), 양변기 리베이트 정책	일인당 물 사용량이 15.9% 감소, 하수처리장 유입 유량이 11% 감소
Phoenix, Arizona	1986년부터 실시, 물 가격 재책정, 절수 기기 보급, 교육 프로그램, 절수형 도시계획 수립	현재 절수 기기 보급이 계속 진행 중
Santa Monica, California	1989년부터 실시, 절수 기기 리베이트 정책, 절수기기 교체 미참여 시민들에게 추정금 부과	물 사용량 15% 감소, 하수처리장 유입 유량이 16% 감소, 1달러 투자당 2달러 금전효과 발생 예측
Seattle, Washington	1990년부터 실시, 절수 기기 리베이트 정책, 요금구조 변형, 교육 및 홍보, 인센티브 제도, 대체 수원 개발 등	1990년 이후 14mgd 절약, 최대 20%의 절수 효과, 연간 130달러/인의 금전효과 기대
Tampa, Florida	1994년부터 실시, 옥외 물사용 제한 정책, 절수기기 리베이트 정책	절수 기기 보급 가정에서 15% 절수효과 발생
일본 동경시	누수방지대책, 대량 잠용수 사용 건물에 재순환 설치, 절수상담전화, 구체적인 절수 방법 소개	누수율 감소 15% ('83) -> 9.3% ('95)
캐나다 레지나	절수형 샤워헤드 등 각종 절수기기	절수효과 5 - 10%
영국	재이용, 재순환	

자료 : Potomac Resources, Inc. (1998), James (1993), 박희경(2000) 등에서 요약

## 2) 가

전 세계적으로 1년에 약 4,000km<sup>3</sup>의 물이 사용되고 있으며 그 용도는 농업 용수로 69%, 공업용수로 23%, 생활용수로 8%가 쓰여지고 있으며 깨끗한 물을 풍부하게 공급하는 것이 국가의 중요 과제이다. 또한 많은 국가가 물의 부족으로 인해 심한 고통을 겪고 있으며 이들 국가에서 물이 경제발전의 제한요소(limiting factor)로 작용하고 있는 것이 현실이다. 이러한 물 부족 현상은 국가간의 수자원 이용권 분쟁으로 비화할 가능성이 매우 크며 특히 여러 나라를 관류하는 국제하천의 이용 및 관리와 관련하여 분쟁이 심화되고 있으며 전쟁의 위협도 배제할 수 없다. 물의 공급량과 사용량은 국가간은 물론 국내에서도 지역에 따라서 현저히 차이가 있고, 수자원의 확보와 공급에는 막대한 재원이 소요되고 물의 이용률을 확대하는 데에도 정부, 기업, 국민 모두의 노력에 의해서만이 달성될 수 있어 많은 국가에서는 수자원의 확보는 물론 물 아껴쓰기에 대한 대책도 국가차원 또는 지방정부차원에서 정책을 수립하여 실시하고 있다.

<표-12>는 국외의 물 절약 사례들을 절수 방안의 종류별로 정리한 것이다. 이 표를 통하여 절수 기기 보급, 누수 방지 정책, 교육 및 홍보, 경제적 유인책, 기타 등, 각 절수 방안의 적용 범위를 알아볼 수 있다. <표-11>과 <표-12>에서 쉽게 알 수 있듯이, 절수 기기 보급을 통한 절수 방안이 가장 널리 퍼진 절수 방안으로 나타났다. 절수형 양변기, 샤워기, 수도꼭지, 세탁기 등으로 인한 물 절약 효과의 탁월성으로 인해 가장 쉽게 절수 효과를 볼 수 있는 것, 즉 설치한 만큼의 효과를 쉽게 얻을 수 있는 것으로 나타났기 때문이다. 실제로, San Diego에서 산정한 결과를 보면, 절수 기기로 인한 물 절약 기여도가 75%가 되는 것으로 나타났다. 절수 기기의 보급은 수도기기와 같은 값싼 부품의 경우, 이벤트 행사로서 무료로 나누어 주는 것이 많이 이루어지나, 6ℓ 혹은 8ℓ의 초절수형 양변기로의 교체와 같은 많은 비용을 필요로 하는 것은 <표-12>에서 보여지듯이 주로 리베이트에 의해 이루어지고 있다.

절수 기기의 도입을 통한 절수 방안은 공급될 수 있는 수자원의 양에 상관없이 널리 받아들여지는 방법으로서, 지속적으로 증가하는 물의 수요량을 절감하는 효과를 가져오므로 우리나라에서도 적극적으로 받아들여야 하는 방법이기도 할 것이다. 누수 방지는 <표-11>과 <표-12>에 의하면, New York과 같이 대규모 상하수도 시스템이 발달된 지역, Nashville이나 Iowa City와 같이 수자원이 풍부해서 누수로 인한 물의 유출을 쉽게 간과할 수 있는 지역에서 필요 없는 수자원의 낭비를 막기 위해 도입되고 있는 절수 방안이다. 물론, 일본과 같이 적극적인 절수 정책을 펴고 있는 나라에서도 도입하고 있고, 우리나라와 같이 관저의 부실율이 높은 나라에서는 누수 방지를 통한 절수 정책도 중요하게 고려해 봐야 할 것이다.



&lt; - 12 &gt;

Florida, Boca Raton				-	-	-	○ (정원용수 사용량 제한)
Albuquerque, New Mexico	-	○ (전 기기)	○(인센티브제)	-	-	-	○ (옥외 물 사용량 제한)
Asheville, North Carolina	○(수도 기기)	○ (양변기)	-	-	○	-	-
Houston, Texas	-	-	○(이벤트정보 급)	-	○	-	-
Iowa City, Iowa	-	-	○(이벤트정보 급)	○	○	-	-
Los Angeles, California	-	○ (양변기)	○(이벤트형 수도 기기보급)	-	○	-	-
Nashville, Tennessee	-	-	○(이벤트정보 급)	○	-	-	-
New York, New York	-	○ (양변기)	-	○	-	-	○ (관거 유량측정 시스템 완비)
Phoenix, Arizona	-	-	○(이벤트정보 급)	○	-	○ (수도가격 재책정)	○ (절수형 도시계획 수립)
San Diego, California	-	○(양변기, 세탁기)	-	-	-	-	○ (농업용수 절약)
Santa Monica, California	-	○ (전 기기)	-	-	-	○ (절수 기기 미설치 가정에 추징금 부과)	-
Seattle, Washington	-	○(양변기, 세탁기)	-	-	○	○ (수도가격 재책정, 인센티브 제도)	-
Tampa, Florida	-	○ (양변기)	-	-	-	-	○ (옥외 물사용 제한)
일본 동경시				○	○	-	○ (중수도 보급)
캐나다 레지나		○ (샤워헤드)					
영국							○ (재이용, 재순환)

자료 : Potomac Resources, Inc. (1998), James (1993), 박희경(2000) 등에서 요약

교육 및 홍보는 절수 방안에서 물 소비자들의 참여를 이끌 수 있는 방안인데, 위의 표에 나타난 자료에서는 그리 많은 지역에서 행해지고 있지는 않다. 그러나, 절수 정책의 기본적인 단계가 교육 및 홍보이기 때문에 <표-11>과 <표-12>의 자료에서 중요하게 보고되지 않은 지역이 많았을 뿐이지 실제 교육 및 홍보의 도움 없이 절수관련 사업이 이루어지지 않은 것으로 사료된다. 경제적 유인책은 정해진 소비량 이상의 물을 소비할 경우에 부과하는 누진세, 실제 생산가보다 낮게 책정된 수도 가격의 현실화, 여러 가지 인센티브 정책 등이 있는데, Phoenix, Santa Monica, Seattle 등의 지역에서 추진하고 있는 절수 방안이다. 물 절약을 통해 경제적인 이익을 보장함으로써 소비자들의 참여를 유발하는 정책인데, 우리 나라와 같이 수도 요금의 현실화가 이루어지지 않은 지역에서 중요하게 고려해야 하는 방법이다.

위에 기술된 방법 외에도 지역적 특색에 따라 여러 가지 절수 방안들이 추진되고 있는데, 수자원 빈국으로 분류되고 있는 우리 나라에서는 일본과 같이 중수도 보급과 같은 방법을 통해 물의 재이용 방안을 전략적으로 추진하는 것이 좋을 것으로 사료된다. 이와 같이, 국외 사례의 국내 도입시에는 국내·외 여건의 차이를 잘 고려하여 도입을 해야 하며, 국외의 지역에서 여러 물절약 대안중 왜 특정 대안만을 선정하여 시행했는지에 대한 검토하여 국내 상황과의 비교가 필요하다. 전체적으로 국외의 사례들은 일찍부터 물절약 프로그램이 시행되었음과 오랫동안 지속되어 짐을 알 수 있다. 이것으로부터 '97년부터 절수 프로그램을 시작한 국내의 경우 물절약 방안은 오랜 시간을 두고 지속적으로 수행되어야 하는 정책 대안이라는 점을 감안하여 장기적으로 물절약을 유도할 수 있는 방안을 추진해 나가야 할 것이다. 또한, 물절약에 대한 긍정적인 인식의 변화를 위해서라도, 추진 초기에는 많은 비용이 소모되거나 물절약 효과에 대한 신뢰성이 낮은 물절약 프로그램 보다는 신뢰성 있는 물절약 방안의 개발과 추진이 필요할 것이다. 초절수형 양변기로의 교체를 통한 절수의 경우, 기존의 수요자의 생활방식의 변화나 불편없이 그 효과를 얻을 수 있으므로 절수효과의 신뢰성이 높다. 다음은 주요 수요관리 정책별 각국의 시행사항이다.

#### (1)

도시는 많은 사람들이 모여 살고, 생활수준도 높아서 물의 사용량이 많고 물이 부족한 경우가 많아 세계 여러 도시에서 물 아껴쓰기 대책을 추진하고 있다. 미국에서 물이 부족하여 물 아껴쓰기 대책을 실시하고 있는 도시는 1일 물사용량이 1,514L로 가장 높은 플로리다 주의 보카라톤, 인구밀도가 높은 뉴욕, 필라델피아 등이 있는 델라웨어 지역, 캔사스

주 위치타 등이 있으며, 캐나다의 경우는 여름철에 특히 물 사용량이 1,140/L인 레지나 등이 있고, 일본에서는 인구와 산업이 집중되어 일찍부터 갈수기에 물부족이 심하여 제한급수를 실시하였던 동경, 후쿠오카 등이 있다. 이들 도시에서는 물을 아껴쓰기 위하여 물 아껴쓰기 연합회, 절수형 도시 추진위원회 등 물 아껴쓰기 대책을 전담하는 기구를 조직하고, 물 보존과 물 아껴쓰기 프로그램, 물 보존지침, 상수용 수요억제시책, 최적 절수관리 실천방침, 절수형 조경계획지침 등 많은 물 아껴쓰기 대책을 수립하여 실행하고 있다.

물 사용량의 억제대책으로는 먼저 물 사용량이 많은 공업단지와 협조체제를 구축하여 생산공정을 절수형 시스템으로 변경토록 권고하고 있으며, 가로수와 정원수에 살수용으로 사용하고 있는 물의 양을 제한하거나 빗물 또는 재이용수를 이용토록 하고 있다. 예를 들면 정원수의 살수용으로 물을 많이 사용하고 있는 미국 보카라톤의 경우 소비자는 한달에 필요한 수량의 절수카드를 구입하여 할당된 수량을 모두 사용하였을 경우 급수시스템이 자동적으로 차단되며, 새 카드를 구입할 경우에는 먼저 물 아껴쓰기와 관련한 봉사활동을 한 후에 물 아껴쓰기에 대한 지원기금으로 고가의 카드를 구입하여야 한다. 위치타에서는 가로수의 살수회수를 주 2회로 제한하고 있다.

또한 많은 도시에서 물 관리센타를 설립하여 물의 공급을 균형있게 하고 누수율을 감소시키기 위하여 많은 대책을 실시하고 있다. 먼저 급수지역을 블록화하여 수도물을 서로 교체 급수할 수 있도록 하여 전지역에 물이 골고루 공급되도록 하고 있으며, 누수탐사 효율이 우수한 기기를 개발하고, 정수장에서 수도꼭지까지의 유량과 수압을 점검하여 누수 지점을 신속히 파악하여 누수관을 교체하고 있으며, 계량기의 점검, 누수 신고센타 설치 등 누수의 감소에 많은 노력을 하고 있다. 또 수도요금에 누진제, 계절요금제, 절수카드제, 초과사용 가산금제 등을 도입하거나 물을 아껴쓰면 보상금을 지급하는 등 가격 유인제도도 실시하고 있다. 또한 수도, 샤워헤드, 변기 등에 대하여 각종 절수형 기기를 개발하고, 절수효율기준을 설정하여 각종 건물의 신축 또는 개축시에 절수기기 사용을 의무화하거나 제래식 수도기기의 교체비용을 보조하는 등 절수기기의 보급에도 노력하고 있다.

물의 이용률을 높이기 위하여 미국 등에서는 오폐수를 처리하여 공업용수, 농업용수, 레크레이션 용수, 가로수 등의 살수, 지하수원의 보급에 이용하고 있다. 또한 많은 도시에서 중수도 시스템을 도입하여 공공시설, 업무용빌딩, 집단주택단지에서 한번 사용한 물을 재처리하여 화장실용수, 냉·난방용수 등의 생활용수로 사용하고 있다. 또한 시민들에게 물 아껴쓰기의 필요성을 홍보하기 위하여 신문, TV, 팜플렛 등의 대중매체를 이용하거나, 물 아껴쓰기에 대한 세미나, 공청회, 워크숍을 개최하고 있으며, 물 아껴쓰기 전화상담실 운

영, 물 아껴쓰기의 날 지정, 물에 대한 뮤지컬과 작품대회 개최, 절수마크가 부착된 용기 및 티셔츠 배포, 정수장 개방, 학교 및 사회교육분야에서 물의 중요성 교육 등 물 아껴쓰기에 대한 홍보와 교육도 실시하고 있다.

## (2)

중수도는 수자원이 부족한 건조지역과 도시가 급작스럽게 팽창하여 공급량이 수요를 충족하지 못하는 지역에서부터 시작되었다. 일반적으로 도시에서 용수를 확보하기 위하여 도시에서 멀리 떨어진 상수원에서 소비지까지 수도관을 매설하여야 하기 때문에 엄청난 시설비가 소요된다. 그러나 중수도를 설치하면 수돗물의 수요량을 줄일 수 있어 댐 등의 건설비는 물론 수돗물 생산에 필요한 시설비도 줄일 수 있고, 하수도의 수량이 감소하면서 동시에 하수도의 시설비도 줄어든다.

수돗물은 일반적으로 음용, 취사, 목욕, 세탁, 화장실용수 등 가정용이 약 70%를 차지하고 있고 영업용이 약 20%, 기타 목욕탕, 공공, 소방 등에 약 10%가 사용되고 있다. 이때 중수도는 한번 사용한 물을 재처리하여 음용수와 같은 수준의 수질이 필요하지 않는 용도에 사용하는 것을 말한다. 미국에서는 “Water Reclamation & Reusing System” 이라 하여 주로 하수처리장의 물을 재처리하여 농업용수, 공업용수, 레저용수, 지하수 함양에 이용하고 있다. 반면에 일본에서는 “배수 재이용 또는 중수도” 라 하여 물을 다량 사용하는 건축물 또는 사업장에서 1차 사용한 물을 재처리하여 화장실 용수, 냉·난방 용수 등으로 재활용하는 것을 말한다.

미국에서 처음으로 중수도 시설을 한 곳은 1926년 애리조나 주 그랜드 캐논으로 알려져 있다. 중수도 시설이 활발하게 이용되는 지역은 애리조나, 콜로라도, 텍사스 주와 같은 건조지역이며, 플로리다와 남캘리포니아 주와 같은 습윤지역에서는 수질오염방지 목적으로도 활용하고 있다. 일본에서는 중수도가 1965년경부터 도입하였으며, 1970년대 초 공업화에 따라서 물의 수요가 급격히 증가하였으나 수자원 개발계획이 지연되면서 물이 부족하게 되어 동경 수도국에서는 “물수요 억제제 제언”을 선언하였고, 국토청 수자원국은 1976년 2월에 “절수형 사회의 형성”이라는 제안을 하였으며 1970년대 후반부터는 국가적인 차원에서 본격적으로 중수도 시설을 하기 시작하여 공공시설·업무용빌딩·집단주택단지에서 재이용수를 수세식 화장실용수, 냉·난방용수 등의 생활용수로 이용하기 시작하였다. 현재는 빌딩, 학교, 백화점, 공장 등에 많이 보급되었고 설치하는 곳도 꾸준히 증가하고 있다.

## 3)

미국은 1988년 메사추세츠 주에서 처음으로 변기의 토출량이 6L인 저유량 변기의 설치를 의무화하였으며 다른 주에서도 비슷한 조례를 제정하기 시작하였다. 1992년에는 연방 에너지정책법이 통과되어 1994년 1월부터는 미국내에서 사용되는 수도꼭지, 샤워기, 변기의 토수량에 대하여 다음과 같이 기준을 정하고, 이 기준에 적합한 것을 의무적으로 사용토록 하였다. 현재는 전체 인구의 45%에 해당하는 1억 이상의 인구가 거주하는 도시에서 절수기기의 사용에 대한 규정이 제정되어 있다.

## &lt; - 13 &gt;

변기	13.0~26.0 L/회	6.0 L/회
샤워헤드	11.4~30.3 L/분이하	9.5 L/분이하
주방용 수도꼭지(포말전)	10.4~26.5 L/분이하	9.5 L/분이하
세면대 및욕조용수도꼭지	10.4~26.5 L/분이하	7.6 L/분이하
소변기	5.7~18.9 L/회	3.8 L/회

일본에서는 1980년에 통상산업성에서 “우량 절수기기 인정제도요강”을 제정하고 절수기기중 물 사용량을 현저히 절약하는 기기에 대하여 “우량 절수형 기기 마크”를 부여하고 있다. 제조업자는 먼저 절수기기가 “기계전자검사협회”에서 정한 기준에 적합한지 여부를 서류검사와 실험검사를 받은 후 인정기준에 적합하면 우량 절수형기기 심사서를 교부받아 인정신청서와 함께 통상산업성에 제출하며 통상산업성에서는 제조업소에서 품질관리가 적절하게 되는지 여부를 확인하여 우량 절수형기기로 인정하여 인정서를 교부하고, 인정을 받은 제조업자는 우량 절수형 기기마크의 사용계약을 체결한다. 그 외에도 일본수도협회에서는 절수형기구 등의 형식심사기준을 정하고 절수효과가 20%이상인 기구에 대해서 절수기기로 인정하고 있다.

멕시코에서는 연방법률에 물 아껴쓰기를 권장하는 규정을 두고 있으며 절수기기의 인증은 수도연구소(IMTA)에서 실시하고 있다. 특히 멕시코시에서는 1984년에 이미 효율적 용수 사용프로그램을 추진하여 재래식 양변기의 제작과 보급을 중지하고 절수형(6L/회)을 의무화하여 큰 효과를 보았다.

## 4)

물 아껴쓰기는 정부, 기업, 소비자 모두의 노력에 의해서만이 그 효과를 거둘 수 있다. 그래서 많은 국가에서 물 아껴쓰기에 대한 교육과 홍보에 노력을 기울이고 있다. 교육은 충분한 시간을 가지고 물 아껴쓰기의 필요성과 물 아껴쓰기 방법을 교육할 수 있기 때문에 홍보 효과가 가장 높다. 교육의 종류로는 사회교육과 학교교육이 있으며, 그 중에서 학교교육이 더 효과적이며 연령층이 낮을수록 특히 만 4~6세의 어린이에게서 가장 효과가 좋다.

홍보는 공공매체(라디오, 신문, TV)를 이용하는 방법, 수도요금고지서, 팜플렛, 표어 및 포스터, 반상회보 스티커 등을 이용하는 방법, 물 주간지정, 수도박물관 운영, 물 관련시설의 개방, 우수 절수사례의 발굴 및 표창, 물 다량 사용업소에 대한 절수 호소 등 많은 방법이 이용되고 있다. 국민홍보는 사용자 스스로 수돗물을 아껴 쓸 필요성을 납득하여 자발적으로 물 아껴쓰기를 실천하도록 하는 것이 목적이므로 홍보의 내용도 막연히 물 아껴쓰기의 필요성에 국한하지 않고, 물 수요의 전망, 물 부족의 원인, 물 부족이 생활에 미치는 영향, 수돗물의 생산과정, 물 아껴쓰기 방법 등 물 사용자들이 납득될 수 있도록 설명되어야 한다. 또 물 아껴쓰기를 주관하는 기관 아래 여러 조직이 유기적으로 역할을 분담할 수 있도록 체계를 구축하는 것도 아주 중요하다.

미국에서 물 아껴쓰기에 대하여 가장 적극적인 역할을 하는 기관은 WAVE (Water Alliances for Voluntary Efficiency)와 미국 수도협회(American Water Works Association; AWWA)이다. 미국 환경처에 의해 지원을 받고 있는 WAVE는 효율적인 물 소비절약을 유도하기 위하여 물 소비자(Partners), 물 공급 및 관리기관(Supporters), 전문기관(Endorsers)이 서로 유기적인 협의회를 구성하여 상, 하수 비용을 30%까지 절약할 수 있도록 추진하고 있다. 또한 WAVE-Saver라는 절수관리 소프트웨어를 개발하여 활용하고 있는데 이 프로그램은 호텔 등 건물의 관리직원이 물 사용량, 물 사용비의 증감계산, 물 예산을 예측할 수 있어 자체진단에 의해 물 아껴쓰기를 실시할 수 있도록 하고 있다. 미국 수도협회에서는 사회, 가정 등에서 구체적인 여러 가지 물 아껴쓰기 방법을 제시하고 있다.

일본은 가뭄으로 인한 물 부족으로 고통을 겪은 후 물 아껴쓰기를 유도하기 위하여 매월 8월 첫째주일을 물의 주간으로 정하고 물 사용에 대한 모니터 및 앙케이트 조사를 하여 소비자의 의견을 수렴하고 있다. 또 절수 포스터를 제작하여 주요 공공장소 및 게시판에 게시하고 있으며, 물 아껴쓰기 상담전화도 개설하고 있다. 또 이동 상담차로 동네나 학교를 방문하여 학습자료 배포와 물 아껴쓰기 방법도 상담하고 있다. 물 아껴쓰기 팜플

렛도 물 부족에 의한 생활의 악영향에 대해 구체적인 예를 들어 홍보하고 있으며, 그 중 물 아껴쓰기 소사전은 가정에서 목욕, 주방, 세면대, 화장실 등에서의 물 아껴쓰기 방법을 25가지로 정리한 것이며 이 방법들을 실생활에서 적용하기 쉽게 흐름도를 작성한 물 아껴쓰기 차트도 있다. 이 방법에 따라 가정에서 1주일 동안 실측한 결과 약 57%의 물을 아껴 쓸 수 있었다.

## 4

## 가

대부분의 선진국에서는 1970년대부터 수요관리 정책을 적극적으로 추진하고 있으며 우리나라도 1990년대 후반부터 본격적인 수요관리를 위해 종합대책을 마련하여 중수도 의무화 등 관련 법제 개정에서부터 국민운동 까지 종합적인 대책을 추진하고 있다. 수요관리의 목표는 빗물이용시설, 중수도 및 절수기 등 물절약시설 설치를 확대함으로써 2006년까지 7억9천만톤의 물절약을 목표로 추진하고 있다. 2001년까지의 추진현황은 물수요관리목표제 도입, 절수기 및 중수도 설치 의무화, 하수처리 재이용 의무화 등 물수요관리 강화를 위한 제도개선(수도법, 하수도법 개정, '01.3)을 추진하였고, 지방자치단체 물수요관리 실적평가('01.6), 수도법, 하수도법 시행령·시행규칙 개정 완료('01.9)하였다. 2002년에는 물절약종합대책을 평가·보완하여 공급단계, 소비단계, 배출단계별로 과학적 실행프로그램을 포함한 물수요관리종합대책(10년단위) 수립함과 동시에 지자체별 물수요관리 목표를 설정하고 물수요관리종합계획 수립지침 제정·시달('02.4)하여 지자체별로 여건에 맞는 물수요관리종합계획 및 시행계획을 수립하여 추진토록 하고 있다. 물 수요관리 종합대책의 주요 항목별 평가 및 정책과제는 다음과 같다.

## 1. 가

전국 평균 1인당 수돗물 급수량이 '98년 395ℓ에서 2000년에는 371ℓ로 24ℓ(6.1%) 감소하였다. 특·광역시에는 '98년 대비 1인당 급수량이 전체적으로 420ℓ에서 398ℓ로 22ℓ(5.1%) 감소하였다. 특히 서울특별시가 444ℓ에서 403ℓ로 41ℓ(9.3%) 감소하여 가장 많이 감소하였으나, 인천·광주·대구는 급수량이 오히려 증가하였다. 시 단위는 '98년 대비 1인당

급수량이 전체적으로 354ℓ에서 344ℓ로 10ℓ(2.8%) 감소하였다. 의정부시가 344ℓ에서 290ℓ로 54ℓ(15.7%) 감소하여 가장 우수하였고, 보령시는 급수량이 307ℓ에서 415ℓ로 108ℓ(35%) 증가되어 증가율 최대를 기록하였으며 총 72개시 중 43개시가 감소하였고, 29개시 증가하였다. 군 단위는 '98년 대비 1인당 급수량이 전체적으로 307ℓ에서 300ℓ로 7ℓ(2.1%) 감소하였고, 해남군이 225ℓ에서 175ℓ로 50ℓ(22%) 감소하여 가장 우수하였고, 부여군은 급수량이 255ℓ에서 325ℓ로 70ℓ(27.3%) 증가되어 증가율이 최대를 기록하였다. 총 86개 군 중 56개군에서 감소하였고, 30개군에서 증가하였다.

### 1)

2000년에 들어와 절수기 보급이 확대되어 전년도와 비교할 때 절수기 설치율이 수도권 지 절수기는 1.5%에서 11.0%, 변기 절수기는 4.9%에서 29%로 증가하였다. 수도권 지 절수기 설치사업은 1999년의 경우 부산광역시 등 124개 시·군(75.8%)에서 추진하지 않았으나, 2000년에는 28개 시·군(17.0%)만 미실시 하였다. 변기 절수기 설치사업은 1999년의 경우 울산광역시 등 25개 시(15.8%)에서 미실시 하였으나, 2000년에는 3개 시·군(1.8%)만 미실시 하였다. 특·광역시의 경우 1999년도와 비교할 때 2000년은 절수기 설치율이 수도권 지 절수기는 1.1% → 9.6%, 변기 절수기는 1.1% → 13.2%로 증가하였다. 수도권 지 절수기 설치율은 울산시가 72.2%로 가장 우수하였고, 변기 절수기 설치율은 울산시가 26.3%로 가장 우수하였다. 시 단위는 전년도와 비교할 때 절수기 설치율이 수도권 지 절수기는 2.1%에서 12.3%, 변기 절수기는 9.1%에서 50.4%로 증가하였다. 수도권 지 절수기 설치율은 제주시가 65.6%로 가장 우수하였고, 16개시는 미실시하였다. 변기 절수기 설치율은 하남시 등 5개시가 100% 설치하였는가 하면, 영주시는 설치율이 3.2%로 가장 저조하였다. 군 단위는 전년도와 비교할 때 절수기 설치율이 수도권 지 절수기는 1.5%에서 15.8%, 변기 절수기는 9.5%에서 28.2%로 증가하였다. 수도권 지 절수기는 무안군, 무주군이 100% 설치, 12개군은 미실시하였고, 변기 절수기는 연천군, 양평군, 여주군, 화천군 등 4개군이 100% 설치, 3개군은 미실시하였다.

### 2)

'98년과 비교할 때 전국 평균 수도요금 현실화율이 69.8%에서 74.1%로 증가하였고 도시 규모별 특성은 다음과 같다. 특·광역시의 경우 평균 현실화율이 80.3%이며, 대전시가



96.6%로 가장 우수, 울산시는 70.3%로 특광역시중 가장 낮은 수준이었고, 7개시 모두 70%를 초과하였다. 시 단위의 평균 현실화율이 특·광역시보다 낮은 65.7%로서 이며, 구미시는 113.7%, 전주시는 107.5%로 100%를 초과하였다. 문경, 김제, 김포, 이천 등 4개시는 현실화율이 50%이하이며 이천시는 26.8%로 가장 낮은 수준이었다. 군 단위의 평균 현실화율이 57.6%이며, 함양군이 94.4%로 가장 우수하였고, 괴산 등 20개군은 현실화율이 50%이하이며, 임실군은 28.1%로 가장 낮은 수준이었다. 생산원가가 1톤당 1,000원 이상으로 수돗물 생산비가 비싼 홍천군 등 12개 시·군의 평균 생산원가는 1,257원이며, 평균 수도요금은 480.6원으로 현실화율이 38.2%에 불과하였다.

## 3)

중수도 관련 조례를 제정한 시군이 전체 165개 시·군중 전년의 104개에서 116개로 증가하였다. 특·광역시의 경우 1999년에는 대구, 인천, 광주 등 3개시가 조례를 제정하였으나 2000년에는 광주, 울산이 추가 제정하였다. 시 단위로는 전체 72개중 조례를 제정한 시가 1999년의 45개에서 2000년에는 54개로 증가하였고, 군 단위 86개중 조례를 제정한 군이 전년의 56개에서 57개로 증가하여 전반적으로 중수도 보급을 위한 제도적 기반이 정비되고 있다.

## 4)

유수율은 1999년도의 70.7%에서 2000년에는 73.4%로 개선되고 있으며 계량기 교체율은 전년도와 비교할 때 13.1%에서 89.1%로 대폭 증가하였다. 그러나 노후관 개량율은 9.2%에서 4.4%로 저조하였다.

< - 14 > .

노후관 개량율	'99	9.2	21.2	4.8	9.5
	'00	4.4	6.4	3.1	3.6
유수율	'98	70.7	67.2	69.2	79.9
	'99	73.4	70.5	76.2	75.2
계량기 교체율	'99	13.1	13.1	13.2	12.3
	'00	89.1	98.4	81.1	62.1

\*) 일부 미제출 지자체 제외

## 5)

환경부에서는 물절약 홍보를 대대적으로 추진하고 있으며, 지자체도 물절약의 중요성을 인식하고 실정에 맞게 전 지자체가 홍보를 실시하고 있었다. 홍보 수단중 가장 많이 이용한 것은 인터넷으로 165개 시·군중 148개 시·군이 인터넷 홍보 실시하고 있었다. 특·광역시인 인천, 대전을 제외한 5개 특·광역시에서는 TV 등을 통한 방송광고 실시하였고, 신문광고는 7개 특·광역시 모두 실시하였다. 시 단위는 방송·신문광고, 팸플렛 및 인터넷을 통한 홍보를 72개 시중 65개시에서 실시하였고, 군 단위도 인터넷을 통한 홍보를 86개군중 77개 군에서 실시하였으며, 방송 및 신문광고도 72개군이 실시하였다.

물 절약 홍보에 대한 국민의 효과는 매우 큰 것으로 조사되었다<sup>2)</sup>. 전국적으로 총 2,067명이 설문조사에 참여하였고, 응답자들은 비교적 인터넷과 친숙한 20~30대의 직장인이나 학생들이 대부분을 차지하였다. 응답자중 78.3%가 금번 광고를 계기로 물절약을 실천하고 있다고 응답해 광고효과는 컸던 것으로 평가되었고 매체별로는 TV캠페인이 가장 컸고, 다음은 신문광고·물절약홈페이지 등의 순이었다. 서울지역 중심으로 설치한 선전탑/육교현판과 전자식전광판은 상대적으로 광고효과가 적었던 것으로 나타났다. 설문응답자중 1,224명(59.2%)이 다소 자극적이고 과장된 소재를 활용하더라도 물부족을 보다 강렬히 느낄 수 있도록 광고하고 일회성으로 그치지 말고 지속적으로 실시할 것 등 별도의견을 제시하여 높은 관심을 보여주었다.

## 2.

전국 165개 지방자치단체의 2000년 물 수요관리 행정 종합평가를 실시한 결과(환경부, 2001) 정부의 물 절약 종합대책 발표이후 모든 지자체가 물 수요관리를 위한 각종 시책사업을 1999년보다 적극적으로 추진하고 있었다. 그 결과, 1인당 1일 물 급수량이 기준 년도인 1998년 395ℓ에서 2000년에는 371ℓ로 24ℓ(6.1%) 감소하는 등 물 절약 효과가 가시적으로 나타나고 있다. 물 수요관리 시책사업의 추진성과를 보면 절수기 설치사업은 수도꼭지의 경우 설치율이 전년의 1.5%에서 11.0%로, 변기는 4.9%에서 29.0%로 증가하였고, 수도요금 현실화는 전년의 69.8%에서 74.1%로 개선되었다. 중수도 보급 촉진을 위한 조례를 제정한 시군은 전년의 104개 시·군에서 116개 시·군으로 증가하였다. 유수율은 전년의 70.7%에서 73.4%로, 계량기 교체율은 전년의 13.1%에서 89.1%로 증가하였다. 다만, 노후수

2) 환경부, 물절약추진기획단, 물절약 홍보효과 설문조사 결과, 2000.5

도관 교체사업은 사업비에 대한 용자지원금 사용기피 등으로 교체실적이 전년의 9.2%에서 4.4%로 오히려 낮아진 상태로 사업비 지원조건 개선 등 사업 촉진을 위한 별도의 대책을 수립하여 시행하는 것이 필요하다. 각 사안에 대한 구체적 사항은 다음과 같다.

- 다양한 수요관리 정책에 의한 구체적 절수 효과를 파악하여 지속적으로 수요관리 대책에 대한 보완과 개선이 필요하다.
- 서울시에서의 절수기기를 설치한 세대의 효과를 분석한 결과 절수율이 10% 수준이었고, 외국의 경우도 10% 수준이었음을 볼 때 우리가 선정한 절수목표(수요관리 대책에서 일부 영업장의 절수기기 설치로 인한 절수효과를 25-35%로 산정)에 대한 과학적 검토가 필요하다.
- 누수율 감소의 경우도 서울시의 경우 누수량이 많은 구간 및 예산 부담 적은 부분부터 우선 교체를 추진하더라도 2000년의 15%에서 2006년 까지 13%까지 감소목표로 하여 2% 절감에 불과하고 서울시 목표가 2011년까지 전국 누수율 12% 수준까지 강화를 추진목표로 하므로 총 절수 중 누수부문 비율이 주요 국가의 도시에 비해 너무 저조하다. 참고로 주요 도시의 누수율은 독일 베를린 5.0%, 스위스 제네바 7.9%, 일본 동경 8.9% 등으로 서울과 비교할 때 상당히 양호한 수준이다. 따라서 재정여건이 양호한 도시는 중앙정부의 목표보다 관거개선 사업에 투자를 높여야 할 것이다.
- 수도요금 현실화는 2001년까지 목표로 하였으나 실현되지 못하고 있으며, 현실화에 따른 절수량 산정도 과학적 근거가 미비하다. 그리고 상수도 요금인상에 대한 절수 효과도 기존의 요율체계가 구간체증요금체계를 채택하고 있고 기존의 요율체계와 실제 가정에서 사용하는 물의 양과 비교해보면 물 절약에 따른 경제적 동기가 미미한 것으로 나타나 요금현실화에 대한 목표달성치에 대한 검토가 필요하다. 또한 기존의 요율체계를 물 수요관리의 효과를 높이되 일정규모 이하를 사용하는 가정에서의 부담을 완화할 수 있는 도시별 적정 요율체계로 개편이 필요하다.
- 산업체 물 재이용에 따른 공업용수 10% 절약은 산업체별 생산공정과 절수 가능성 등의 상이함을 고려치 못한 일률적 설정이고, 중수도 설치 목표에 따른 절수량 산정 등도 중수도 설치의 경제성과 물값과의 연계분석 없이 설정되어 현실성에 무리가 있다.
- 지자체별 물수요관리종합계획 수립지침을 제정하여 지자체별로 여건에 맞는 계획을 수립·추진할 수 있도록 함은 바람직하나 이의 효율적 시행을 뒷받침하기 위한

물수요관리종합대책 및 자치단체별 물수요관리종합계획이 적절하게 실행되고 있는지 현장·점검 및 평가·강화가 요구된다. 이를 위해 자치단체별 물수요관리 시행평가에 있어서 자치단체의 상이한 여건을 고려한 합리적이고 유연한 평가가 이루어질 수 있도록 평가체계를 개발할 필요가 있다.

- 합리적인 절수목표의 설정 및 그 달성을 위한 수단설정에 대해 과학적인 근거를 제시함으로써 정책이행에 대한 이해와 이행효과성을 제고하여야 한다. 이를 위해 물수요의 특성에 대한 연구를 통해 합리적인 물수요관리의 틀과 도구의 개발이 필요하다.
- 물수요관리 정책수립의 기준이 되며, 물수요를 근본적으로 합리적인 수준으로 유도하는 합리적인 물가격 정책 부분 보완 수립. 절수형 수도요금제 도입을 위한 기초연구를 추진하여, 누진, 계절별 요금체계 설정의 합리적 근거제시와 효율적 요금 구조 구축방안 제시, 시행효과 분석·평가방안 등 절수형 수도요금제 도입을 위한 기반마련이 필요하다.
- 물 수요관리정책이 지속적으로 추진되어 효과가 발휘되기 위해서는 각 중앙 및 지방정부에서 공급부문의 예산을 과감하게 수요관리 부문에 투입하여야 한다.

## 5

정부에서는 물수요관리종합대책('02~'11)과 이를 달성하기 위한 지자체별 물수요 관리 목표설정·종합계획을 수립·추진하여 공급단계, 소비단계, 배출단계별 실행프로그램을 포함한 물수요관리 종합대책을 추진함으로써 체계적 수요관리 추진기반 마련은 높이 평가할 만하다. 그러나 물수요관리계획의 수립에 있어, 합리적인 목표 및 시행계획을 설정하기 위한 근거가 미비하여, 물수요의 특성에 대한 연구를 통해 합리적인 물수요관리의 틀과 도구를 개발하는 것이 필요하다. 또한 물수요관리를 위한 도구가 소비단계에서 하드웨어적 절수시스템으로 제한되어 있을 뿐만아니라, 물수요관리 정책수립의 기준이 되며, 물수요를 근본적으로 합리적인 수준으로 유도하는 물가격 정책 부분이 미흡하다. 특히 물수요관리의 목표와 수단의 연계성이 부족하고, 수단(설비, 요금, 홍보 등)에 따른 기대결과가 정확한 과학적 근거에 바탕을 두기보다는 임의적인 부분이 있다.

수요관리의 정책효과는 단순히 부족한 수자원에 대한 대안 뿐만 아니라 수질방지효과, 경제적 효과 등 다양하다. 우리의 용수수요를 충족하기 위한 수자원의 확보가 점차 어려워지고 물 사용량이 증가하는 추세이므로 수요관리를 통해 용수 확보를 위하여 댐을 건설하는 부담을 해소하고, 갈수시 물부족 문제를 해결할 수 있다. 이와같이 수요관리 대책을 통해 얻을 수 있는 효과 등을 더욱 강화하기 위한 정책의 발전방안은 다음과 같다.

### 1)

많은 수요관리방안들이 도입되고 각 방안에 대한 절약목표량이 설정되어 있다. 만약 이와같은 수요관리 목표달성이 안될 경우 심각한 물 부족이 발생할 우려가 있기 때문에 각각의 수요관리 방안에 대한 효과에 대한 지속적인 모니터링과 계량화가 필요하다. 특히 절수기기의 보급방안이 가장 많이 쓰이고 있으며 이는 절수기기의 보급이 다른 방안들에 비해 가장 확실한 효과를 지속적으로 보장해 줄 수 있기 때문이다. 현재 시판되고 있는 절수기기들은 사용자의 사용형태등을 포함한 여러 요인에 따라 절수효과에 있어 차이를 나타낸다. 절수형 양변기와 같이 회당 사용 유량을 줄였다 하더라도 사용자의 특성에 따라 물 사용량은 매우 다르므로, 절수형 양변기, 수도꼭지, 샤워헤드를 실제 가정에 설치하여 물 사용량을 점검함으로써, 절수기기 보급 효과를 장, 단기적으로 계량화 할 필요가 있다.

현재 많이 사용되고 있는 절수량의 계산 방법은 제작시 측정된 기기의 절수효과에 보급된 절수기기의 수 및 가정에서의 사용횟수를 곱함으로써 절수량이 선형적으로 증가한다고 예측하는 것이다. 그러나, 절수기기의 보급이 많아질수록 절수량은 선형으로 증가하는지에 대한 점검이 필요하다(박희경, 2000). 이는 보급된 절수기기의 수가 증가함에 따라, 개인별 물 사용 형태, 의식수준등에 의하여 예측되는 절수효과를 나타내지 못하는 원인도 증가할 것으로 예측되어 지기 때문이다. 절수기기의 보급과 함께 홍보와 교육이 강도있게 시행될 경우 시너지 효과를 수반할 경우 비선형 절감의 형태도 가능할 것이다. 그러나 그것은 대부분 단기적일 것이고 장기적인 시너지 효과를 기대할 수는 없다. 이와같은 수요절감량의 정확한 추정이 물절약 정책의 신뢰성을 좌우하게 된다. 실제로 대전지역에서 시행한 실증실험(박희경, 차동훈 (2000))에서 선형예측보다 작은 절수효과가 검증되었다. 물절약이 정책으로 자리매김을 하기 위해서는 절수효과의 과학적인 계량이 반드시 필요하며 그를 위하여는 공학적인 실증실험이 시행되어야 한다. 또한 한 번 계량된 절수효과를 지속적으로 유지하기 위해서는 모니터링이 필요하며 모니터링 결과를 바탕으로 물절약 정책을 피이드백 하여야만 한다.

## 2) 가

물절약 정책은 국민들의 참여가 중요한 요소이다. 많이 적극적으로 참여할수록 그 효과는 상승한다. 이들의 적극적인 참여를 유발하기 위해서는 신뢰할 수 있는 절수기기들의 개발되고 보급되어야 할 것이다. 단순히 수압을 줄여 토수량을 줄이는 절수기기의 경우, 사용자들이 오랜 시간을 사용하거나 체감 수압을 느끼기 위하여 더 많이 밸브를 열므로써 오히려 낭비를 초래하거나 기존 수도기기로 교체하는 일이 발생할 수 있으며, 현재 개발된 자폐식 혹은 전자감지식 수도꼭지, 절수형 샤워헤드의 경우 사용의 불편이나 높은 가격으로 인하여 가정에서의 보급율은 저조하다. 특히, 그 동안 주목받지 못하다가 갑자기 운동이 전개되어 수요가 늘어남에 따라, 절수기기들의 절수 효율을 지속적으로 모니터링하여야 할 것이다.

물 사용자가 불편없이 사용할 수 있는 절수기기의 개발을 위해서는 물사용자의 물사용패턴에 대한 연구가 필요하며, 높은 가격으로 인하여 시장성을 가지지 못하는 절수기기에 대해서는 다양한 보급 프로그램을 고려하여야 한다. 현재는 절수기기의 보급이 무료배급에 의존하고 있으나, 전국적인 확대와 6ℓ 혹은 8ℓ의 초절수형 양변기로의 교체 및 물절약형 세탁기, 식기세척기와 같은 제품에 대해서는 절수형 제품을 사용함으로써 수요자도 경제적 이득을 가지므로 절수기기의 사용으로 인한 경제적 이득의 일정부분을 실수요자, 정부나 지자체, 혹은 절수기기 공급업체가 나누어 가지는 것과 같은 다양한 환불제도나 절수기기 구입 할인 등을 고려할 수 있을 것이다.

## 3)

누수 감시 및 보수는 절수형 도시의 건설을 위한 필수 요소 중 하나이며, 앞서 New York의 사례에서 보았듯이 누수방지는 매우 효과적이며 신뢰성 있는 절수방안으로 적극적으로 추진되어야 한다. 현재 정부는 누수사고 예방을 위하여 1996년부터 2006년까지 2730억원의 사업비를 투입하여 24084km의 노후수도관 계량을 확대 실시할 예정이다. 현재는 도시관의 정비에만 주력하고 있으나, 가정, 공장의 누수 방지를 검토할 필요가 있는 것으로 판단된다. Featherstone (1996)와 William (1996)의 경우 '94년에 New York시의 7364개 건물의 양변기, 샤워헤드, 세탁기 등을 포함한 물 사용 기기 72,359개를 조사한 결과 21,371개에서 누수가 발생하며 총 386ℓ/d의 누수량이 발생하는 것으로 조사되었다. 시에서는 기기 누수로 인한 누수량이 시 전체 규모로는 절수형 양변기 보급으로 절약되는 물의 양과 비슷

한 257,652.5m<sup>3</sup>/d로 추정하였다.

노후관에 대한 정비가 제대로 이루어지지 않은 국내 현실에서는 노후관의 정비가 우선 되겠지만, 앞으로 기기 누수와 시간이 지남에 따라 발생하는 새로운 노후관의 정비를 추진해 나가야 할 것이다. 이와 연계하여, 휴스턴 시의 경우와 같이 물절약 전문가가 가정방문을 통하여 물절약의 생활화 유도과 누수를 점검하고 수리하는 프로그램인 물사용 감사제도(Water Audit)를 통하여 누수를 줄여 나가는 정책을 고려해 볼 수 있을 것이다.

#### 4) 가

정부에서는 수도요금 수준을 생산원가 수준으로 조정하며 하수도 사용료를 처리단가 수준으로 현실화하며 현행 요금구간을 세분화하여 단계별로 높은 누진율을 적용함으로써 물절약을 유도할 계획이다. 이보다 더 적극적인 경제적 유인책으로 계절 요율제와 누진세제 강화 등도 동시에 고려하여야 한다. 계절요율제의 경우, 일 최대 사용량을 줄이기 위한 것으로, 관광지과 같이 특정 기간에 많은 인구의 증가가 있는 곳에 효과적이다. 누진세제의 경우에는 주민들의 평균 수입이 높아 가격 탄력성이 저조할 우려가 있는 경우 지역의 여건에 따라 융통성 있게 강력한 누진율의 적용 등을 고려하여야 한다.

물 수요는 물에 대한 대체물이 없으므로 상대적으로 가격 탄력성이 낮은 경향이 있다. 실제로 조사된 바에 의하면 국내의 도시별로 차이는 있지만 대부분 가격탄력성이 낮았다(총리실, 2002). 수도요금과 하수도 사용료의 현실화로 인하여 전반적으로는 가격 탄력성을 나타낼 수 있으나, 시간이 지남에 따라 그 탄력성이 떨어질 수 있다. 따라서, 국내에서 절수 프로그램으로서 경제적 유인책을 사용할 경우에는, 일괄적인 적용보다는 그 지역의 물 사용 패턴, 경제적 상황과 같은 지역적 특색을 고려하여 절수 프로그램을 추진하여야 할 것이다.

#### 5)

수원확보가 곤란한 해안도시나 공단 등 특정지역에서는 물을 재이용함으로써 상수원 개발의 시기를 지연시킬 수 있고, 상수관을 연장하지 않고 물의 수요와 공급을 맞출 수 있다. 종합적인 물이용 계획은 중수도 도입의 목적과 역할을 충분히 분석하여야 하고, 공공수역으로의 배수량을 감소시키는 효과와, 물의 재이용 촉진에 의한 기업체와 일반인의 물에 대한 인식변화를 통한 절수를 실천할 수 있는 계기를 마련하여야 한다. 이를 위해 기술적인 측면에서 중수도의 이용을 확대할 수 있는 결정적인 요인은 상수도보다 중수도의 생산비용

이 낮아야 하고 유지관리가 간단하여야 한다. 중수도의 경제성을 높이기 위한 용도별 적합 처리기술의 개발, 부식, 슬라임 등의 장애요인 해결, 소량의 슬러지 처리방안, 상수도와 중수도의 오접합 등 방지대책 등이다. 그리고 위생적인 측면에서도 중수도의 용도가 피부접촉이나 음용 이외의 사용에 제한되어 있으므로 이에 대한 관리대책이 필요하다. 즉, 물 사용단계에서의 오사용 방지, 세균, 바이러스 등의 병원성 미생물의 효과적인 제거, 냉각탑이나 처리공정 등에서 발생하는 휘발성물질의 비산에 따른 악영향 등의 해소가 필요하다.

현재 우리나라에서 가동되고 있는 중수도의 이용방식으로는 개별 공장 또는 건물에서 발생하는 오·폐수를 자체적으로 처리하여 동일 건물내에서 재사용하는 개별순환방식이 주를 이루고 있다. 그러나 일반적으로 개별건물의 경우 중수의 사용용도가 화장실, 세척수 및 청소용수 등으로 한정되어 있어 중수처리시설의 규모의 경제를 이루기 어렵다. 또한 분류식 오·폐수 차집관거의 보급 확대 및 하수종말처리장 건설 및 증설로 인하여 개별건물에서의 오·폐수시설 설치 의무화가 점차 감소하고 있는 시점에서 단순히 허드렛물을 재사용하기 위하여 막대한 비용을 들여 중수처리시설을 설치한다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 개별순환방식에 의한 중수도 이용방식의 한계를 탈피하고 효율적이고 경제적인 중수도의 이용을 위하여 지구순환방식 또는 광역순환방식의 중수도 이용을 적극 권장하여야 한다.

지구순환방식과 광역순환방식의 경우 일정구역내에서 발생하는 하수처리수, 미처리 하천수, 우수 등을 원수로 사용하기 때문에 유입수의 유량변동이 매우 적으며 대규모 급수지역의 설정 및 중수의 사용처에 대한 확보가 용이하여 경제적인 규모의 처리시설의 설치가 가능하다. 또한 공동 하수처리장 건설시 중수처리시설의 동시 설치가 가능하여 설치비를 절감할 수 있다.

우리나라의 경우 현재 대도시를 중심으로 재개발사업이 지속적으로 시행되고 있으며 또한 대도시 주변지역에 대단위 주택단지가 개발되고 있는 실정이어서 이들 지역을 대상으로 지구순환방식에 의한 중수도를 보급하는 방안과 대규모 하수종말처리장으로부터 배출되는 하수처리수를 재이용하는 광역순환방식에 의한 중수도의 이용을 적극적으로 검토하여야 한다. 이를 위해서 제반 여건이 적합한 지역을 선정하여 전략적인 시범사업을 실시할 필요가 있다.

## 6)

물값의 현실화와 더불어 최적 물사용을 유도할 수 있도록 올바른 가격체계를 구성하도



록 하여야 한다. 물 가격을 물의 사회적 가치와 물 공급에 따른 사회적 비용을 적정하게 반영하여 설정한다면, 이에 따른 소비자의 물이용 선택으로써 사회적으로 최적인 효율적인 물이용이 이루어질 수 있는 것이다. 최적 물사용을 유도하기 위한 가격체제는 누진요금 체계의 강화와 계절별 요금제가 대표적이다. 누진요금체계의 설정은 생산과 소비의 특성에 따른 상수생산·공급비용의 구조에 근거하지 않기 때문에 구간이나 누진율의 설정 등이 인위적으로 이루어질 수밖에 없다. 누진구간의 설정은 필수적 물사용량 구간을 포함하여야 하며, 다단계로 설정된 누진요금을 통한 요금수입으로 물공급 비용을 보전할 수 있도록 설정되어야 한다. 또한, 사용자 단위의 규모가 이질적인 경우(산업용의 경우 사업자 규모, 가정용의 경우 가구인구수 등) 사용자 단위를 대상으로 하는 누진요금체계 적용이 가져올 수 있는 비형평성 문제가 고려되어야 한다.

계절요금체계의 실제 적용상에 있어서는 첨두부하 형태상의 문제, 소비자의 반대, 계량의 어려움 등과 같은 특수한 문제들을 수반할 수 있다. 부하형태상의 문제로는 계절적 부하의 구분에 따른 차별요금의 적용으로써 피크계절의 평균적 수요를 감소시키는 데는 효과적일 수 있으나, 그러한 효과도 가뭄 등 기후적 요인에 의해 영향받을 수 있으며, 피크계절에 평균적 수요는 감소한다 하여도 최대나 피크일의 수요에는 그다지 영향을 주지 못하는 경우도 발생할 수 있다. 가능한 결과로서 피크계절 동안에 뚝뚝한 피크의 형태로 나타나게 되는 경우, 설비의 필요는 감소되지 않으며 오히려 연간 부하율을 감소시키고 수도사업에 손실을 가져올 수 있다. 계절 요금제도의 적용은 형평성의 측면에서 문제가 될 수 있다. 예를 들면, 저소득층 사용자들은 물의 사용이 상대적으로 비탄력적이므로 피크계절과 비피크계절간의 사용량에 급격한 변화를 가져오지 못할 것이다. 또한 어떤 사용자들에게 있어서 계절적 효율은 엄청난 수도요금의 상승을 가져올 수도 있다.

## 7)

물 수요관리는 수요를 억제 또는 절수하여 수요를 공급 가능량에 맞추어 나가는 소극적인 관리방식으로 일반적으로 인식되고 있다. 단기적 수요관리방안으로는 절수기기 보급, 수도요금 인상, 홍보, 급수제한 등이 있고, 장기적 수요관리방안으로는 수도요금체계 개선, 중수도보급확대, 절수형 산업구조 유도 등이 고려되고 있다. 문제는, 이러한 정책들 역시 공급부문의 여건에만 초점을 두고 있다는 것이다. 수요를 공급가능한 양에 맞추어 나가기 위한 대안으로만 인식·사용되고 있으며, 수요의 관리가 어떠한 기준으로 어떻게 이루

어저야 적정한 것인지에 대한 고려가 부족하다. 즉, 사회적으로 가장 바람직한 상수수급의 수준과 그것을 결정하는 요인은 무엇이며, 상수수급이 그러한 수준으로 이루어지기 위한 수요관리의 가장 효율적인 방법은 무엇인지에 대한 고려가 부족한 것이다.

이러한 물 절약정책에는 물절약 목표설정이나 강제적·자발적 절수 및 수요억제가 효율적인 물 수급수준에 부합되지 않아 사회적으로 초과적인 비용을 부담하게 될 가능성이 있다. 그리고 절수기기의 보급 확대, 중수도 보급 등의 정책을 추진함에 있어 사회적으로 바람직한 보급의 정도에 미달 혹은 초과되어 역시 사회적 비용이 효율적인 수준보다 높아지게 될 가능성이 있으며, 보급촉진을 위한 재정적 지원 등도 효과적으로 이루어지기 어려울 수 있다. 또한, 요금의 인상 및 구조조정도 수요를 수요와 공급의 구조적 특성에 따라 효율적으로 관리하는 방향이 아니라 다량소비를 억제하는 방향으로만 이루어질 가능성이 있다. 따라서 효율적이고 효과적인 물수요관리를 위해서는 물의 수요와 공급측면의 특성을 종합적으로 고려하여 사회적 비용을 최소화하면서 물 이용에 따른 편익을 극대화할 수 있는 정책방안들이 도출되어야 할 것이다.

< >

- 1) 국무총리 수질개선기획단, 2002년 제2차 물관리정책토론회 발표자료집, 2002.6.
- 2) 건설교통부, 수자원장기종합계획(2001~2011), 2001
- 3) 국립환경연구원, 물 아껴쓰기- 국내외 사례를 중심으로 -, 1999.11
- 4) 국립환경연구원, 우리나라의 물 절약과 중수도 정책, 2000. 3.
- 5) 한국수자원공사, 미래 수자원 전망에 관한 연구, 1997
- 6) 환경부, 환경백서, 2001
- 7) 환경부, 2000년도 지방자치단체물 수요관리 행정 종합평가 결과(안), 2001. 5.
- 8) 환경부, 물 절약 종합대책, 2000. 3.
- 9) 김연수, 물 절약 종합대책 및 실천사례, 서울특별시 상수도사업본부, 2001
- 10) 김종원, 물 수요분석을 통한 합리적 수자원 정책방향 수립에 관한 연구, 총리실 수질개선기획단, 2002. 6
- 11) 문현주, 수요관리를 위한 물요금체계의 정책과제, 2000
- 12) 물절약 범국민 운동 본부, [http://www.water21.me.go.kr/new/index\\_4.html](http://www.water21.me.go.kr/new/index_4.html), 1999
- 13) 박희경, 차동훈, '절수기기 보급에 의한 절수효과의 계량', 2000년 물의 날 세미나, 절

- 수 및 물 재이용 기술, KIST, 환경부, 2000
- 14) 박희경, 차동훈, ‘지속가능한 개발을 위한 실천과제:물절약’, 토지개발기술, 제12권, 2호, pp. 3-20, 1999
  - 15) 박희경, 현인환, ‘가정의 물 사용 패턴 조사 - 절수기기보급에 의한 절수효과 분석에 관한 기획연구’, 소비자모임, 2000
  - 16) 최지용, ‘상하수도 사업의 효율화 방안’, 도시문제 제37권 398호, 대한지방행정공제회, 2002.1
  - 17) Beecher, Janice A., *The Role of Price in Water Conservation Evidence and Issues*, *Proceedings of CONSERV 96*, AWWA, pp. 53-58, 1996
  - 18) Chansler, James M., P. E. *Water Conservation - One City's Approach*, *Proceedings of CONSERV 93*, AWWA, pp. 1373-1386, 1993
  - 19) Featherstone, Jeffrey, *Conservation in the Delaware River Basin*, *Journal of AWWA*, pp. 42-51, 1996
  - 20) Fryer, James, *Water Conservation Baseline Studies - Providing the Answer You Need for Planning and Implementing Water Conservation Programs*, *Proceedings of CONSERV 96*, AWWA, pp. 71-75, 1996
  - 21) Nechamen, William S., *Assessment of New York City Residential Water Conservation Potential*, *Proceedings of CONSERV 96*, AWWA, pp. 523-527, 1996
  - 22) Potomac Resources, Inc, *Saving Water, Saving Dollars: Efficient Plumbing Products and the Protection of America's Waters*, Potomac Resources, Inc, Washington, DC, 1998
  - 23) USEPA, *USEPA Water Conservation Plan Guidelines*, 1998



1

... 211

2

..... 245

3

..... 265

4

..... 297

# 1



( 가 )

	1	/ 213
2		/ 214
3		/ 222
4		/ 232
	5	/ 242
		/ 244

## 1

수변구역은 수질개선과 수량확보에 큰 영향을 미치는 지역으로서 적절한 관리가 필요한 지역이다. 특히 친환경적 토지이용을 통해 오염부하 발생을 감소시킴과 동시에 발생한 오염원을 제어함으로서 상당한 수질개선효과를 볼 수 있는 지역이다. 따라서 정부에서는 상수원 수질예방대책의 일환으로서 수변구역 제도를 도입하고 물이용부담금을 이용해 수변구역 토지를 매입하고 있다. 그러나 수변구역 매입재원의 한계, 토지 소유자의 매도의사 부족 등으로 수질에 민감한 지역의 수변구역 토지매입이 적극적으로 이루어지지 못하고 있다. 따라서 수질예방대책의 효율적인 시행을 위해서는 토지매수제 이외에 다양한 친환경적인 토지이용관리기법을 동원하여 상수원에 민감한 영향을 미치는 수변구역에 토지에 대해 친환경적 토지관리 방안의 적극적인 검토가 필요하다. 이에 본 연구에서는 수변구역이 지정고시된 한강유역을 중심으로 수변구역의 토지이용 특성과 매입실태를 살펴보고, 환경친화적인 토지이용을 위한 수변구역 토지매수제 대안에 대한 검토와 수변구역의 환경친화적인 토지관리에 관한 정책방안을 제시하고자 한다.

이를 위해 우선 우리나라의 수변구역의 토지이용에 대한 환경적 측면에서의 검토와 더불어 토지소유자 및 물이용자에 대한 의식조사를 실시한다. 다음으로 외국의 친환경적 토지이용제도인 토지임차제, 휴경보상제, 개발권양도제, 보존지역권설정 등 친환경적 토지관리제도의 분석과 우리나라 적용타당성 및 적용시 예상되는 문제점을 분석하고, 수질개선 기여도, 정부의 재정부담, 주민참여등의 측면을 고려하여 각 대안들을 비교 검토한후 적용 가능한 대안을 선정한다. 또한 임차(또는 보상)비용과 토지매입비용의 비교·분석 등 선정된 대안들에 대한 경제성을 비교·분석한다. 아울러 토지 임차제·휴경보상제등 토지관리

기법들의 도입 가능성 및 타당성 여부 검토를 위해 각각의 장·단점 비교와 이러한 제도의 도입시 법적·제도적 제약 요인 및 그 개선방안 등을 검토코자 한다.

## 2

상수원관리를 위한 토지이용관련 법적규제는 상수원보호구역 같이 상수원보호를 위해 토지이용을 직접규제하는 조항과 「국토이용관리법」과 같이 직접적인 토지이용규제 조항은 없지만 궁극적으로 상수원 수질에 영향을 미치는 간접적 조항의 두 가지로 크게 분류할 수 있다. 상수원보호를 위해 직접 토지이용규제를 시행하는 규정은 「수도법」에 의한 상수원보호구역, 「한강수계상수원 수질개선 및 주민지원에 대한 법률(이후 한강법)」에 의한 수변구역, 「환경정책기본법」에 의한 특별대책지역, 「수질환경보전법」에 의한 배출시설허가제한지역 등이 있다. 이외에도 골프장관리규정 등 각종 규정 및 규칙에 상수원 보호를 위한 토지이용 규제조항이 있다. 간접적 규정으로는 「국토이용관리법」상 준농림 지역에서의 토지이용 규제제도와, 「수도권정비계획법」에 의해 지정되는 자연보전권역 등에서 팔당호 상류의 경기도지역에 대해 일정규모 이상의 택지, 공업용지, 관광지 등의 조성금지와 대형 건축물 신축금지 등을 규정함으로써 부수적으로 수질오염원의 입지규제 역할을 하고 있다.

### < - 1 >

	가						
	수도법	한강법	환경정책 기본법	수질환경 보전법	골프장관리 규정 등	국토이용 관리법	수도권정비 계획법
관리수단	수질오염에 유해한 행위 의 금지와 제한	토지매입 및 시설 설치제한	토지이용 및 시설 설치 제한	산업폐수시설 설치허가제한	상수원에서 일정거리이내의 토지이용규제	용도지역별 행위제한	자연보전권 역에 대한 시설 규제

---

위와같은 상수원 수질관리를 위한 토지이용규제방법이 행하여지고 있지만 가장 효율적인 수단은 한강법에서와 같이 토지를 매입하여 관리하는 방안과 기타 임차제, 휴경보상제 등 다양한 친환경적 토지관리기법의 도입도 가능하다. 따라서 장에서는 수변구역의 토지 매입외에 적용가능한 다양한 친 환경적 토지관리방안에 대해 검토하기 위해 우선 상수원 지역의 토지매입 실태 및 관리실태에 대해 검토하기로 한다.

1.

1)

팔당상수원 유역의 토지 및 시설물 등을 국가가 매입하여 수변 녹지조성 등 환경친화적으로 관리함으로써 오염원 입지 등 반 환경적인 토지이용을 예방하고자 하는 것이다. 그리고 오염원 입지규제에 따른 사유재산권 침해문제를 원천적으로 해소하고 팔당호 등 상수원의 수질개선을 도모하기 위한 것이다.

2)

당초 수변구역 등 상수원지역에 한해 토지매입이 가능 토록 되어 있었으나 2000년 7월 정부는 상수원 수질보전을 위해 필요한 경우 수변구역이외의 토지도 매입할 수 있도록 한 강법을 개정하였다. 즉, 정부는 수변구역 이외의 도시지역계획지구 및 하수처리구역내의 토지라도 소유주가 매각을 원하거나 한강수계위원회가 수질보전상 필요하다고 인정할 경우, 땅을 국가가 매입할 수 있도록 하였다. 이는 수질관리를 위해 필요한 도시지역 등을 매입할 수 있어 바람직한 변화이다. 「한강법」 제7조(토지 등의 매수) 에 근거하여 토지를 매수하는 대상지역은 다음과 같다.

- 한강수계 중 상수원보호구역·수변구역 및 환경부령이 정하는 지역의 토지 또는 그 토지에 부착된 시설, 환경부령이 정하는 지역
- 상수원보호구역으로 둘러싸인 지역중 상수원보호구역으로 지정·고시되지 아니한 지역
- 수변구역으로 둘러싸인 지역 중 수변구역으로 지정·고시되지 아니한 지역
- 상수원보호구역 및 수변구역과 중복된 특별대책지역 중 남한강등의 경계로부터 3km 이내의 지역 또는 지천의 경계로부터 1,500m 이내의 지역
- 상수원보호구역 및 수변구역외의 특별대책지역 중 남한강등의 경계로부터 2km 이내



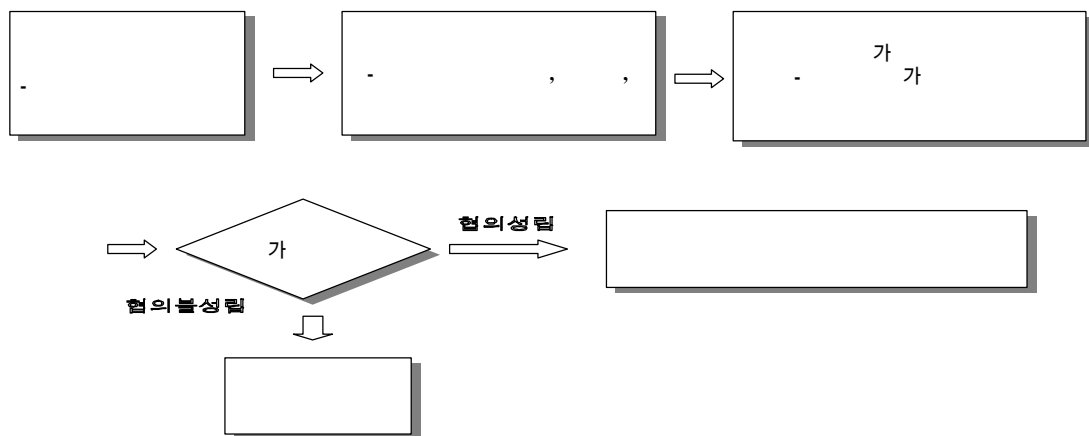
- 의 지역 또는 지천의 경계로부터 1km 이내의 지역
- 특별책지역외의 지역중 남한강등의 경계로부터 1km 이내의 지역 또는 지천의 경계로부터 500m 이내의 지역

## 2.

토지매수 방법은 매수자가 자발적으로 매도신청을 할 경우 감정평가법인이 산정한 매수가격을 근거로 협의를 거쳐 이루어지며 구체적인 절차<sup>1)</sup>는 다음과 같다.

### 1) 가

1건의 토지에 대하여 2이상의 감정평가법인을 참여시키되, 정부출자기관인 한국감정원을 필수 참여시키고, 나머지는 한국감정평가협회로부터 추천 받은 법인에 대하여 순번제로 평가를 의뢰한다. 감정평가비는 「지가공시및토지등의평가에관한법률」 제25조의 규정에 의한 「감정평가법인의보수에관한기준」에 의거하여 지급한다.



< - 1 >

### 2) 가

2개의 감정평가법인의 감정평가액의 산술평균치를 매수가격으로 산정하되 감정평가액 차이가 30%이상이면 새로운 평가법인을 산정하여 재평가한다.

1) 한강유역관리청 내부자료. 2001

### 3)

수질오염물질을 배출하고 수질오염 부하량이 높은 토지, 개발잠재력 및 오염원의 신규 입지 가능성이 높은 토지순으로 순위를 결정한다.

### 3.

한강 상수원지역의 토지는 물이용부담금을 이용해서 매입되고 있다. 물이용부담금은 1999년 기준으로 상수도 사용량 1톤당 80원의 수준으로 부과되었고 2001년도에는 톤당 110원으로 상향조정되었으며, 징수금액도 2000년에는 약 1800억, 2001년에는 약 2700억이 징수될 예정이다. 한강법의 규정에 의해 물이용부담금이 사용되는 사업은 토지매입비, 주민지원사업비, 환경기초시설 설치운영비, 한강수계관리위원회의 운영비, 기타 등 5가지 사업을 들 수 있다. 토지매입은 한강수계중 상수원보호구역 및 수변구역 그리고 기타 수질보호를 위해 필요한 토지에 대해 소유자가 매도의사를 가진 지역을 대상으로 하며, 연간 1,000억원을 들여 토지구입을 추진하고 있다. 토지매수 관련 한강법 개정 내용(2000.7.24)을 살펴보면, (1) 법인인 수계위는 농지매수가 불가하며 토지매수시 각종 지방세가 부과되는 등의 문제가 있어 토지매수의 주체를 국가로 변경하였고, (2) 필요한 토지를 매수할 수 있는 지역의 범위를 확대하였다.

#### < - 2> 2000

	( )	(%)
합 계	204,466	100
환경기초시설 설치	54,214	26.5
환경기초시설 운영	39,128	19.1
주민지원사업	70,000	34.2
토지등의매수	12,875	6.3
기타수질개선사업	26,700	13.1
기금관리비	138	
여유자금운용	1,411	

자료: 한강수계관리위원회, 2000.8, 2000년도 한강수계관리기금 운영계획

다음은 규제지역별 매도신청 현황으로 수변구역내 매도신청이 48건, 상수원 보호구역이 15건등이다. 면적별로는 상수원보호구역이 1,479,875㎡로 가장 넓다.

## &lt; - 3 &gt;

건 수	68	15	48	5
면 적(㎡)	2,371,582	1,479,875	798,609	93,098

자료 : 한강유역관리청 내부자료, 2001

용도별 매도신청현황을 보면 건수는 주택 등 기타 오염원 입지 부지가 22건으로 가장 많으나 면적별로는 임야가 전체 매도신청면적중 80%를 차지한다.

## &lt; - 4 &gt;

					· ·	
건 수(건)	68	13	5	22	16	12
면 적(㎡) (%)	2,371,582 (100)	75,243 (3)	17,609 (1)	316,477 (13)	74,701 (3)	1,887,382 (80)

자료 : 한강유역관리청 내부자료, 2001

2001년 8월 현재 매도신청건수는 68건으로 이중 매수가 완료된 것은 20건이며 보류 중인 것이 41건이다. 매수완료된 지역의 면적은 1,249,674㎡이다.

## &lt; - 5 &gt;

계						
	건 수(건)	68	20	6	1	41
	면 적(㎡)	2,371,582	1,249,674	64,350	55,602	1,001,956
2001.8. 25 현재	건 수(건)	41	5	—	1	35
	면 적(㎡)	1,050,351	47,408	—	55,602	947,341
2000	건 수(건)	22	12	4	—	6
	면 적(㎡)	1,229,152	1,146,467	28,070	—	54,615
1999	건 수(건)	5	3	2	—	—
	면 적(㎡)	92,079	55,799	36,3801	—	—

자료 : 한강유역관리청 내부자료, 2001

#### 4.

매수된 토지내에 건물 등 시설물을 철거한 후 울타리나 경계표주 등을 설치하여 경계를 표시하고 국가소유임을 알리는 안내표지판을 설치하며 수변구역의 수질개선과 파괴된 생태계의 복원을 위한 수목의 식재나 초지 및 인공습지 등을 조성한다. 또한 현지 지역주민을 현장관리인으로 선임하여 토지내 무단점유 및 폐기물의 불법투기, 시설물의 훼손여부 확인과 순찰을 하도록 한다. 매입토지에 대한 주요 관리사항은 다음과 같다.



- 현장여건에 적합하게 울타리나 경계표주 등을 설치하여 경계표시를 하고, 국가소유임을 알리는 안내표지판을 설치한다.



- 토지에 부착된 일반 주택이나 건축물 등은 장기간 사용하지 않을 경우 우범지화 등 환경적, 안전적 측면에서 문제가 발생될 우려가 있으므로 원칙적으로 소유권 이전완료 및 용도폐지 결정 후 즉시 철거한다.



- 취득한 토지에 대해서는 『한강수변구역기본관리계획』의 용역결과에 따라 장기적인 활용방안을 수립하여 시행하고, 기본관리계획 수립전까지는 현장여건에 적합하게 수목의 식재나, 묘포장으로 활용하는 방안을 마련하여 시행한다.

상수원 지역은 상수원보호구역, 수변구역이 대표적이며 이중 수변구역 관리에는 입지제한 및 기존오염원 처리와 수변녹지 조성 등이 있다. 입지제한은 신규오염원에만 해당되며, 입지제한 대상시설에는 가축사육시설, 폐수배출시설, 음식점·숙박시설·목욕탕 등이 있고 제한내용은 다음과 같다.

## &lt; - 6 &gt;

가축사육시설	설치금지	신고대상규모이하 허용 (축산폐수를 전량 공공처리장에 유입 처리하거나 자원화하는 경우)
폐수배출시설	설치금지	설치금지
음식점·숙박시설·목욕탕	설치금지	허용 (오수처리기준을 10ppm으로 강화)

## 5.

토지소유자, 수변구역내 현지거주자, 서울시거주자로 구분하여 실시한 설문 결과, 토지관리기법 선호도조사에서 부재지주의 경우 토지매입을 가장 선호하고 있었으며, 수변구역내 거주 소유자와 서울시민은 환경친화적 관리계약을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 또한 토지소유자의 경우 친환경적 토지이용에 대한 관심과 이해가 저조한 반면 서울시민은 친환경적 토지이용에 대한 관심과 이해도가 비교적 높은 것으로 나타났다. 한편 토지소유자중 수변구역내 거주자는 그동안의 매도의사 저조 이유를 ‘생활의 터전이기 때문에’(48%)와 ‘정부의 낮은 매입가 제안’(38%)을 각각 1, 2위로 답했으며, 외지소유자 경우도 응답자중 77%가 ‘정부의 낮은 매입가 제안’을 답하였다. 토지소유자의 경우 토지이용관리 대안 실행에 가장 중요한 것을 ‘이해당사자의 의견반영’과 ‘충분한 보상’을 꼽은 반면 서울시민은 정부의 ‘강력한 실천의지’와 ‘재정확보’를 꼽았다. 선호도와 찬성도에서는 환경친화적 관리계약, 보존지역권설정, 토지매입이 비교적 높은 점수를 보였으며, 반대로 임차제, 휴경보상제, 개발권 양도는 낮은 점수를 나타냈다. 또한 임차와 휴경을 찬성한 경우도 장기간 실시에는 대부분이 반대했으며 5년이하의 단기간을 선호하였다.

&lt; - 7 &gt;

(% )

토지이용관리의 필요성	상당히 중요하다.	36	39	67
	오염물의 처리가 더 중요하다.	15	61	30
	오염물관리측면에서 비효과적이다.	36		
수변구역의 상수원보호 기여도	많은 도움이 될 것이다	22	43	60
	어느정도 도움이 될 것이다	28	35	36
	그다지 도움이 되지 않을 것이다.	34	13	4
	전혀 도움이 되지 않을 것이다.	16	9	—
토지소유자의 매도의사가 저조한 이유	생활의 터전이기 때문에	50	9	—
	그지역에 계속 살고 싶어서	6	—	—
	정부가 제시하는 매입가가 낮아서	38	74	—
	장래의 토지가격 상승 기대	6	17	—
환경친화적 토지관리를 위해 정부가 고려할 점	이해당사자의 의견반영	37	17	7
	충분한 보상	29	30	5
	정부의 강력한 실천의지	15	17	37
	정부의 제정확보	2	8	29
	정책의 실효성	15	28	22
	기타	2	—	—
토지소유자의 토지관리 방안에 대한 선호도	토지매입	18	21	—
	장기임차	7	12	—
	후경보상제	14	8	—
	보존지역권 설정	21	20	—
	개발권 양도	11	16	—
	환경친화적인 생산활동	29	23	—
적정 임차기간	5년이하	57	32	2
	5~10년	29	37	39
	10~20년	9	21	18
	20~30년	5	5	18
	30년 이상	—	5	23

## 3

현재 실행중인 수변구역내 토지관리는 토지매수제에 의한 토지취득이 주요한 시책으로 추진되고 있다. 매수는 토지소유자의 자발적인 매도의사에 따라 감정가격에 의한 가격결정으로 이루어지고 있다. 그러나 소유자의 자발적 의사에 의한 방식으로는 수질개선을 위해 필요한 토지의 취득과 관리에 한계가 있다. 따라서 수변구역의 친 환경적인 토지이용을 유도하기 위해서 토지매수제와 더불어 토지임차제, 휴경보상제 등 다양한 정책도입을 검토해볼 필요가 있다. 따라서 본 장에서는 다양한 친환경적 토지이용관리기법을 검토해 보고 우리나라에서의 적용타당성 및 도입방안을 검토해 보고자 한다.

## 1.

## 1)

수변구역내 토지를 소유자로부터 임차하여 환경친화적으로 활용하고 적정 임차료를 지급하는 방안이다. 이 경우 토지관리에 나타나는 일반적인 사항으로는 농업진흥지역의 경우 농지를 임차할 경우 의무 경작토록 되어 있다. 그리고, 임차 후 전용농지가 아닐 경우에도 식생을 조성한다든지 할 경우 임차기간 종료시 원상복구 등의 문제가 있다. 농지의 경우 임차하여 녹지조성을 하는 것은 수변구역 조성, 농지 관리 등 여러 가지 측면에서 제한적이다. 대지, 공장용지, 축사 등의 용지는 장기 임차하여 초지를 조성하는 것이 바람직하나 임차비용이 수질개선 효과에 비해 과다하다는 단점이 있고 단기 임차시에는 수질개선에 큰 효과는 기대하기 어렵다는 점에서 역시 제한적이라 할 수 있다.

## 2)

친 환경적 토지이용을 위한 임차제에 대한 토지소유자의 선호도와 찬성도를 조사한 결과 선호도의 경우 가장 낮은 순위였으며, 찬성도에 있어서도 수변구역내 거주자의 경우, 제안된 토지관리방안 중 임차제에 대한 찬성도가 가장 낮았으며 수변구역외 거주자도 휴경보상제 다음으로 임차에 대한 찬성도가 낮았다. 또한 찬성한 토지소유자의 경우도 수변구역내 거주자의 경우 응답자중 57%, 수변구역외 거주자의 경우 33%가 5년 미만의 단기 임차를 원하고 있어 임차제에 의한 수질개선 효과가 미미할 것으로 판단하고 있다. 따라서

---

수질개선 및 유지를 위한 토지임차제의 시행은 전 유역으로 광범위하게 실시하는 것은 실익이 크지 않으며, 대상 토지도 수질에 민감한 토지이면서 토지소유자가 당분간 매도의사가 없는 토지에 한해 실시하는 방안을 검토할 수 있다.

## 2.

### 1)

휴경보상제는 농지를 소유한 농민이 침식억제 등 환경적인 문제로 인해 당해 토지에 농작물을 식재하지 않고 휴경할 경우 일정 소득을 보상해 주는 제도이다. 미국에서는 생태계 보호를 위해, 영국을 비롯한 유럽에서는 지하수 수질관리를 위해 휴경보상제를 실시하고 있다. 한편 EU에서는 환경적인 문제가 아닌 농업 구조조정 차원에서 휴경제도를 실시하고 있다. 이와 같이 외국의 경우 대규모 농경지(밭)의 침식방지, 지하수 오염방지 및 농작물 수요관리차원에서 실시하고 있다. 이에 비해 우리나라의 수변구역내 농지중 수변인접 지역은 대부분 논으로 구성되어 있어 대규모 침식문제나 지하수 오염방지를 위해 사용하는 것이 아니며 또한 농지의 규모도 소규모이기 때문에 휴경제를 이용한 지표수 수질관리는 다소 거리가 있다.

휴경논의 환경성 평가결과, 휴경논 토양의 이화학성검사에서 휴경년수가 경과할수록 산도, 유기물, 석회의 함량이 높아지고, 미생물상은 휴경기간이 길수록 세균은 감소하고 방선균은 증가하였으나, 사상균은 변화가 적은 경향을 나타내었다. 또한 휴경년수가 길수록, 각종 식생이 고밀도 분포할수록 토양유실 효과는 적어진다. 휴경논의 식생변화는 휴경기간별로 변화하며, 휴경년수가 경과할수록 잡초의 초종은 단순 우점화(휴경 2년차 41종→4년차 21종) 되고, 휴경년수가 길어질수록 1년생 초종의 분포비율이 적어지고 다년생 초종의 분포비율은 커진다. 또한 휴경년수가 오래될수록 목본류의 종류, 본수, 크기 등이 증가하였다. 휴경논의 토양특성<sup>2)</sup>은 <표-8>과 같이 논토양의 화학성은 휴경기간의 경과에 따라 pH, 유효인산, 칼륨함량은 감소추세였고, 유기물 함량은 증가추세였다. 따라서 휴경으로 인한 오염감소 효과를 단정지을 수는 없다.

---

2) <http://www.niast.go.kr/home/sm/reserch1997.htm>에서 인용



## &lt; - 8 &gt;

	pH(1:5)	(g/kg)	Av. $P_2O_5$ (mg/kg)	K ( $cmol^+/kg$ )
3년	5.6	23	38	0.32
4년	5.7	28	53	0.35
5년	5.4	35	49	0.24
지역평균	5.5	27	93	0.28
적정범위	6.0~6.5	25~30	80~120	0.4~0.5

휴경논의 배수등급에 다른 유기물과 영양물질의 비교에서도 배수가 불량한 경우에는 휴경을 통해 오염물의 감소가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있으며 오히려 휴경으로 인해 농토관리가 제대로 이루어지지 않을 때 오히려 토양유실 등으로 오염이 증가할 소지도 않고 있다.

## &lt; - 9 &gt;

	( )	pH(1:5)	(g/kg)	Av. $P_2O_5$ (mg/kg)	K ( $cmol^+/kg$ )
약간양호	'96년(2년)	5.8	20.8	40.2	0.68
	'97년(3년)	5.2	21.2	31.2	0.37
약간불량	'95년(2년)	5.9	15.0	114.0	0.29
	'96년(2년)	5.3	22.8	112.0	0.28
	'97년(3년)	5.1	15.5	82.1	0.19
불량	'95년(2년)	6.3	27.0	19.0	0.16
	'96년(2년)	6.7	22.3	20.0	0.47
	'97년(3년)	5.8	38.2	27.7	0.10

또한 전통적으로 재배-휴경 시스템으로 운영되고 있던 건조한 미국 대평원 북부지방의 작물생산지에서는 토지관리시스템의 방향이 휴경을 줄이면서 최소 경운이나 무경운을 이용하는 보다 집약적인 재배시스템으로 대체되고 있다. 콜로라도 주립대학에서 봄밀을 재배한후 휴경하는 재배시스템과 봄밀-겨울밀-해바라기 재배시스템을 비교 실험하였다. 봄밀-겨울밀-해바라기 재배시스템은 관행적인 경운, 최소경운과 무경운법으로 재배하였고, 질소시비량은 세가지 비율로 처리하였다. 질소 시비를 증가시킬수록 두 재배시스템

모두 토양 잔류 질산이 증가하였다. 봄밀-겨울밀-해바라기 재배시스템은 봄밀-휴경 재배시스템에 비하여 침출에 의한 토양 질소 소실이 최소였다. 봄밀-휴경 재배지와 비슷한 정도로 12년간 시비한 봄밀-겨울밀-해바라기 재배시스템의 토양잔류 질산은 무경운이 관행적 경운보다 더 적었다. 토양 잔류 질산의 양은 두 재배시스템 모두 생산량이 낮은 해에 크게 증가하였다. 침출에 의한 토양질산의 소실은 봄밀-겨울밀보다 봄밀 휴경 시스템에서 더 큰 것으로 나타났고, 재배-휴경과 관행적인 경운법을 사용하는 것보다는 보다 집약적인 재배와 함께 무경운 시스템을 사용하는 것이 오염물을 적게 방출하는 것으로 조사되었다. 휴경시 수질개선 효과는 이전에 농경지에 살포하던 비료와 농약이 없어지므로 총 투입되는 영양물질 등 수질오염원은 근본적으로 삭감되어 수질개선을 기대하는 것이다. 그러나 휴경시 증가한 유기물 등 기존에 토양에 흡착되어 있던 오염물질이 관리 부실로 유출될 경우 오히려 수질오염원이 될 수 있다.

## 2)

우리나라 농경지의 물리적 특성과 기능 및 휴경농지의 토양환경성 등을 고려해 볼 때 휴경지는 큰 잇점이 없다. 그리고 소규모 필지별 휴경은 전체 수변구역의 수질오염부하 수준과 비교할 때 미미한 수준으로 수질개선 효과가 크지 않을 것으로 판단된다. 특히 휴경 농경지의 적정관리를 위한 비용도 충분히 고려하여야 효율적인 오염관리가 가능하다. 따라서 휴경논의 수질영향에 비추어 볼 때 큰 실익이 없다고 볼 수 있다. 법적인 문제로서도 농지법 제10조 ‘농업경영에 이용하지 아니하는 농지등의 처분’에 의해 휴경은 자연재해 등으로 인하여 영농이 불가능하여 복구등이 필요하다고 시장·군수가 인정하는 기간만 허용된다. 또한 주민의 의견 수렴 결과 휴경제에 대한 선호도는 평균치 이하로 낮았다. 찬성도는 소유자의 경우 13%로 찬성도에서 가장 낮은 임차제의 11%와 비슷하였다.

## 3.

### 1)

개발권 양도제도(Transferable Development Right)란 토지를 구성하고 있는 여러개의 권리 중에서 토지에 대한 개발권을 다른 권리와 분리해서 개발권만을 제3자에게 양도할 수 있도록 하는 제도이다. 개발권 분리의 개념은 토지이용의 공공성을 강화하기 위해 토지소유권으로부터 개발권을 분리하여 별도로 관리하는 제도로써, 개발권의 공유화(영국)와 개발

권을 시장에 유통(미국)시키는 제도가 있다. 영국의 개발권 공유제는 토지소유자는 기존 용도에 관한 이용권리만을 가지며, 새로이 개발행위를 할 경우, 지방정부에 허가권을 신청 하여야 하며 신청이 불허되더라도 보상받을 수 없다는 것이 주요 내용이다. 미국의 개발권 양도제는 특정지역에 있는 토지소유주에게 개발권을 행사하지 못하게 하는 대신 다른 지역에서 개발권을 행사하지 못한 만큼 개발권 행사를 허용하는 제도이다.

개발권양도제도는 토지이용규제수단과 환경보전수단, 공공녹지공간 확보수단, 중·저소득층 주택건설촉진 수단, 역사적 고건물 보전수단 등 다양한 목적으로 사용되었는데 크게 제1세대와 제2세대로 구분된다. 제1세대 개발권양도제도는 뉴욕과 시카고 등에서 보듯이 주로 도심지의 역사적 유물을 보전하기 위한 목적으로 실시되었다. 그리고 제2세대 개발권양도제도는 공지나 자연녹지 및 생태지역의 확보 혹은 환경적으로 취약한 지역의 보호, 경승지에 대한 조망권의 보호 등 전통적인 목적 뿐만 아니라 최근에는 중·저소득계층을 위한 주거지역의 확보 등 다양한 목적을 명분으로 삼고 있다.

## 2)

우리나라의 경우 영국식 개발권 공유제는 사유재산권 보장이라는 기본원칙에 상충될 수 있다. 한편 개발권양도제도를 우리 나라에 도입하기 위해서는 수변구역외와 같은 규제지역 밖의 토지에 대한 규제가 강화되어야 한다. 또한 개발권양도제도를 현실적으로 적용하는데 있어서 많은 논쟁의 여지가 있으며, 운용과정에 있어서도 어려움이 따른다. 개발권을 어떻게 할당하고 규제할 것인지, 지자체의 허가 뿐만 아니라 당사자간의 계약을 통해 이루어져야 하기 때문에 매매시장이 제대로 성립될 수 있을지, 그리고 법적으로 TDR의 소유권과 세법상의 문제 등은 어떻게 해결할 것인지, TDR의 허가절차상에 소요되는 많은 시간과 비용을 극복하고 보편화되어 사용할 수 있을지 많은 문제가 남아있다. 특히 최근 자주 지적되는 한계는, 수용지역이 이미 상당한 정도 고밀도로 개발되어 있어서 주민들이 더 이상의 고밀도 개발을 강하게 거부할 때 이 제도를 적용하기 매우 곤란하다는 것이다. 사실 바로 이런 문제 때문에 개발권양도제도에 대하여 강력한 비판을 제기하는 학자도 있다. 예를 들면, 서울과 같은 대도시는 이미 고밀도로 개발되어 있어서 더 이상 고밀도로 개발할 여지가 별로 없는데, 개발권양도제도의 실시가 TDR을 양산한다면 이를 소화할 방법이 막연하다. 비록 서울과 같이 고밀도 지역이 아니라고 하더라도 최근 들어 부쩍 강화되고 있는 각종 환경규제 때문에 개발의 여지가 별로 많지 않을 수도 있다. 실제로 외국의 경우 고

---

밀도개발에 대한 수용지역의 반발이나 한계 때문에 개발권양도제도가 실패한 사례가 많았다.

개발권양도제를 통해 수변 구역의 토지를 확보하기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 조건을 충족시켜야 한다. 우선, 대상지역 및 관련지역(예:팔당의 경우 수도권 전역)에 대한 종합토지이용계획과 이를 집행하기 위한 엄격한 토지이용규제가 있어야 한다. 어떤 지역의 토지를 녹지로 보전하기 위해서는 이 토지에 대하여 엄격한 규제를 가하고 대신 개발권을 줄 경우 이 개발권에 대한 수요가 타 지역에서 나타나거나, 수요가 나타나지 않는 경우 정부가 이를 매입하여 관리하여야 한다.

토지소유자와 서울시민의 의견수렴결과 개발권양도에 대한 선호도는 3.25~2.65(최대 6점)으로 낮았으며, 찬성도 역시 수변구역내 거주하는 토지소유자의 경우는 임차제 다음으로 낮았고, 수변구역외 거주하는 토지소유자의 경우도 휴경과 임차제 다음으로 낮았다. 한편, 시행측면에서 부작용이 예상되는 관리방법으로 소유자나 서울시민 모두 개발권양도제를 가장 많이 답하였다.

#### 4.

##### 1)

지역권(easement)설정은 특정의 목적에 따라 남의 토지를 자기토지의 편익에 제공하게 하고 이를 용역할 수 있는 권리를 말한다. 예를 들면 습지를 보호하기 위해 자신의 습지에 인접한 토지에 대해 토지이용 및 개발행위를 제한시키는 것을 말한다. 지역권은 벌채, 쓰레기 투기, 기존의 토지이용을 변화시키는 활동에 관련된 것들을 주로 금지한다. 이 방안은 토지소유권은 현재 소유주인 농민에게 그대로 둔 채 지역권에 해당하는 가치만을 국가가 매입하는 것으로 소유권은 토지소유자에게 그대로 있기 때문에 소유자에게는 재산권 행사 제한에 대한 보상금으로 받아들여질 것이다. 보존지역권(conservation easement)이란 토지소유자가 자발적으로 그 자신의 토지에 대한 개발의 양과 유형을 영구히 한정하는 것에 동의하는 한편, 정부(또는 지자체)는 감정사가 결정한 적정한 시장가에 지역권을 매수하는 방법이다. 상수원 지역이나 환경적으로 보전가치가 높은 지역의 경우 토지소유자는 이들 지역의 목적에 적합하게 토지를 영구적으로 관리하는 조건으로 이에 대한 비용을 지불받는 경우이다.

## 2)

토지소유자와 시민의 의견수렴 결과, 선호도에서는 수변구역내 거주하는 토지소유자의 경우, 환경친화적인 생산활동 보조 다음으로 많이 선호하고 있었으며, 수변구역외에 거주하는 토지소유자는 매수제 다음으로 많이 선호하였다. 지역권제도의 도입시 문제로는 현 토지이용 성격이 보존 목적에 적합하지 않거나, 용지를 정기적으로 철저하게 모니터링하기가 곤란한 점, 소유자와 지속적인 관계를 갖지 못하는 문제, 용지를 부적절히 이용할 경우의 대책, 모호한 유형을 관리하는데 어려움 등이 있다.

## 5.

## 1)

사유재산을 국가가 취득(공공화)하기 위하여는 현금으로 이를 매수하는 것이 원칙이지만 예외적으로 사유재산과 국유재산을 상호교환하는 방법이 있다. 일반적으로 재산의 거래시 그 대가는 금전으로 지급하는 것이 관행이나 특별한 경우 물(物)과 물(物)을 직접 교환함으로써 재산취득의 목적을 달성하는 경우도 있다. 국가의 경우도 예외는 아니어서 국가가 직접 행정목적(공용, 공공용, 기업용)으로 필요한 경우 국가 이외의 자가 소유한 부동산을 교환으로 취득하는 대신 국유재산중 잡종재산을 처분할 수 있다.

## 2)

유희국유지(국유잡종재산)라 하더라도 그 경제적 가치가 있고, 국유재산에 대한 국민의 욕구가 복잡다기한 점을 고려하여 볼 때 과연 잡종재산의 대부분을 수변구역토지를 취득하는데에만 사용하는 것이 최선의 방법인가는 재론의 여지가 있다. 물론 잡종재산을 포함한 국유재산의 보유목적이 현재 또는 장래에 국가의 행정목적으로 사용하는 것이고, 수변구역 토지는 상수원의 수질보호에 필수적인 공공용재산으로서 국가가 관리하여야 할 당위성이 있기는 하나 정책의 시행이전에 충분한 의견수렴이 필요하다고 본다.

또한 국유잡종재산 중 교환가능한 유희국유지를 교환재원으로 활용할 수 있는가도 문제이다. 국유잡종재산은 대부분 일반에게 임대되어 있거나 무단점유되어 있고, 일부는 지방자치단체 등 공공단체에 무상임대되어 있어 교환 대상으로 했을 경우 임대계약을 해지하거나 무단점유상태를 해소하여야 하는 재산이 상당수 있을 수 있으며, 이를 위하여는 상당한 시간이 소요될 것이다. 그리고 동일 토지에 대한 수요자가 편중될 경우 이의 조정 또한

---

쉽지가 않을 것이다. 그리고 교환으로 처분할 유희토지는 재정경제부 소관의 잡종재산으로 되어 있고, 국가가 교환으로 취득할 수변구역 토지는 취득 후 상수원 관리기관 소관의 행정재산이 되므로 재산관리의 소관이 바뀌는 문제가 있다. 부처이기주의가 앞서면 관련 부처의 반대에 부딪혀 교환은 물론 교환에 앞서 진행해야 하는 잡종재산의 이관부터 불가능해지게 된다. 이와 같이 국유지 교환은 현실적으로 많은 문제가 있어 개개 소필지 단위로 적용하기는 어려움이 있다.

## 6.

### 1)

영국식 개발허가제도에 대한 대안으로 제시된 '개발권선매제도'는 토지소유권은 인정하되 개발권을 정부가 토지소유자로부터 미리 매입하는 제도이다. 토지소유자는 소유권은 보유하되 개발권은 행사하지 못한다. 미국에서는 1972년 뉴욕주에서 최초로 실시한 이후 미동북부의 인구조밀지역에 걸쳐 빠른 속도로 개발권선매제도가 보급되었다. 앞에서 언급하였듯이 이들 지역에서 개발권선매제도의 목적은 우량농지보전이다. 개발권선매제도가 실시되기 이전에는 농지보전을 위한 대책은 대체로 두 가지였다. 그 하나는 지역·지구제의 취지에 따라 우량농지를 농업지역으로 묶어버리고 토지이용규제의 대폭 강화를 통해서 개발압력을 봉쇄하는 것이었다. 그러나 이 방법은 대도시에 인접한 우량농지에 대해서는 그리 큰 효과가 없었다. 개발이익을 노리는 세력들이 정치권과 결탁하여 토지이용규제 완화를 요구하는 압력이 지방자치단체가 견딜 수 없을 만큼 거세기 일수였기 때문이다. 다른 또 한 가지 방법은 영농자들의 농지보전에 조세감면의 혜택을 주는 것이다. 하지만 이 방법 역시 거세게 밀려오는 개발압력을 막는 데에는 역부족이었다. 왜냐 하면 미국 우량농지의 약 1/5이 대도시권에 속해 있거나 인접해 있는 탓으로 개발이익이 조세감면의 이익보다 워낙 컸기 때문이다. 그러나 개발권선매제도가 실시된 이후 장기적으로 농지를 보전하는 데에는 이 제도가 가장 효과적이라는 평가를 받게 되었다. 미국에서 농지보전을 위한 개발권선매제도가 성공할 수 있었던 요인은 도시로부터의 개발압력이 강한 대도시 인접지역일수록 관계 주민들의 농지 및 공지보전에 대한 요구가 강해서 이런 지역에서 이 제도에 대한 지지도가 현저하게 높다는 것이다. 즉, 교외지역에 사는 많은 사람들이 농지나 공지를 단순히 농산물을 생산하는 토지로 보지 않고 생활환경의 일부 또는 더 나아가 생활의 질을 구성하는 필수요소로 보기 때문이다.<sup>3)</sup>

## 2)

개발권선매제도의 가장 큰 단점은 개발권 매입에 소요되는 막대한 자금을 정부가 마련해야 한다는 것이다. 특히 보전가치가 높은 대도시 근처 농지의 개발권을 매입하기 위해서는 막대한 자금이 필요하다. 그래서 미국의 경우 지방자치단체들은 그 자금을 채권(債權)에 의존하고 있다. 두 번째는 집적의 이익 창출이 곤란하다는 것이다. 즉, 과도한 재정부담 이외에도 농지보전에 있어서 집적의 이익 내지는 규모의 경제를 달성하기 어렵다. 농지나 공지의 보전이 제대로 되려면 보전될 농지나 공지가 일정규모 이상으로 한 덩어리로 연결되어 있어야 한다. 예를 들면 농지가 도시용 토지사이에 끼어 있으면 농업용으로 제대로 사용되지 못할 뿐만 아니라 개발의 압력에 견디지 못한다. 그런데 앞서도 지적했듯이 개발권선매제도는 이해당사자들의 합의를 바탕으로 하여야 하므로 연결되어 있는 A토지, B토지, C토지의 소유자들이 모두 자발적으로 개발권을 매각한다는 보장이 없다. 만일 B토지 주인은 개발권을 매각하는데 A토지와 B토지 주인이 개발권을 매각하지 않는다고 한다면, 상호 조화되지 않은 토지용도가 오랜 기간 병존하는 현상이 나타나고 결국 B토지도 제대로 보전하기 어렵게 된다. 세 번째는 개발권선매제도는 과잉보상의 여지를 다분히 가지고 있다는 주장도 있다. 개발권을 매각한 사람은 국민의 세금으로 창출된 가치가 큰 비중을 차지하는 개발권을 파는 것이기 때문에 공익의 사익화라는 비판도 가능하다.

## 7. 가

## 1)

이 방법은 개발권의 매입과 같은 구조를 가지게 되는데, 임대료율 결정방식에서 차이가 난다. 만일 임대료율이 완전 경쟁 시장에서 자유롭게 결정된다면 그 임대료율은 해당 토지의 토지지대에 해당하게 될 것이다. 토지지대란 토지를 이용한 대가로서 토지에 귀속되는 혹은 귀속되어야 할 소득을 의미한다. 한편 토지를 국가가 매입하게 되면 국유재산이 되므로, 국유재산법의 규정에 따라 임대가 이루어진다. 토지를 매입하는 가격은 거래시가로 한다. 거래시가로 구입한 뒤 현재 사용가치에 해당하는 만큼을 임대수익으로 거두어들이면 결국 정부의 비용지출은 이론상 개발권에 해당하는 만큼 이루어진다. 따라서 이 방안의 총비용은 시가로 토지매입한 비용에서 영구적인 임대소득을 뺀 것이 된다.

3) 이정전, 1999, 토지소유권과 개발권의 새로운 정립, 새 밀레니엄 시대의 국토관리 어떻게 할 것인가?, 심포지엄 자료 정리

2)

초기투자 비용이 과도한 부담과 이중의 행정 및 재정수요 등 현실적으로 적용이 곤란한 측면이 있다.

8.

1)

관리계약은 정부와 토지소유자간의 계약에 의해 정부가 요구하는 수준으로 토지를 이용하고, 그에 따른 수익감소를 보상하는 제도이다. 예로는 팔당호 수변구역에서 일반농업을 유기농업 전환으로 계약하고 이에 따른 소득 감소 지원과 유기농산물의 판매 확보방안을 들 수 있다. 일반적으로 유기농업은 오염물질의 발생을 줄이고, 인체에 이로운 농산물을 생산한다고 알려져 있다. 유기농업에 대한 농림수산부의 정의는 ‘화학비료, 유기합성농약(농약, 생장조절제, 제초제), 가축사료첨가제 등 일체의 합성화학물질을 사용하지 않고 유기물과 자연광석, 미생물 등 자연적인 자재만을 사용하는 농법’이라고 제시되고 있다.

농업에 있어 관리계약의 초점은 정부와 주민이 협의를 통해 소득은 작지만 사회적으로 바람직한 영농 방식을 정하고, 여기서 발생하는 소득 손실에 대해서는 정부가 보상하는 것이다. 유기농법은 처음 몇 년간은 생산성이 관행농법보다 떨어지지만 5~6년 정도 지나면 관행농법과 비슷한 수준에 다다른다고 한다. 관리계약에 따른 보상금은 소득의 감소분을 지급하는 방법을 생각해볼 수 있는데 이 감소분은 연차가 지날수록 크기가 작아지므로 지급율도 이에 따라 하향 조정할 수 있다. 이때 고려해야 할 것은 이 관리계약에 얼마나 많은 주민이 참여할 것인가이다. 참여수준을 결정하는 것은 관리계약이 제시하는 경제적인 인센티브 정도와 농민들 사이에서 형성되는 정책에 대한 태도이다.

2)

토지소유자와 시민의견 수렴결과 선호도조사에서 수변구역내 거주하는 토지소유자와 서울시민은 ‘관리계약’을 가장 많이 지지하였다. 또한 찬성도 조사에서도 수변구역 내·외 거주자 모두 1순위로 답하였다. 그러나 수변구역에 실시하는 경우 관리계약을 년 단위로 시행하기는 많은 문제가 있고 매년 시행정도를 필지별로 조사하여 그 보상을 지급하는 것도 많은 행정력이 소요되는 단점이 있다.



## 4

주민의 선호도 조사와 도입적용성 평가를 바탕으로 대안별 장단점을 비교하여 매입방안 등을 포함해 최적의 환경친화적 관리대안을 검토하여 보았다. 검토사항은 수질개선기여도, 정부의 재정부담, 제도적 뒷받침, 관리의 용이성, 주민참여, 행정적 능률성, 기존제도와 형평성, 물이용자 측면 등을 종합적으로 고려하였다. 대안 중 비교적 점수가 높은 대안으로 토지매입 강화, 지역권설정, 환경친화적 관리계약, 토지임차제 등을 중점 검토하였다.

&lt; - 10&gt;

수질개선기여도	5	5	2	4	4	5	4	4	4
정부의 재정부담	1	2	3	5	3	2	2	2	3
제도적 뒷받침	4	4	4	2	4	2	2	3	4
관리의 용이성	5	3	2	2	4	3	3	1	2
주 민 참 여	4	1	1	1	3	3	3	3	5
행정적 능률성	5	3	3	1	3	2	2	2	2
기존제도와 형평성	5	5	5	2	4	2	3	4	4
물이용자 측면	4	4	3	4	5	4	4	3	5
합 계	33	27	23	21	30	23	23	22	29

주) 점수부여방법: 각 항목당 긍정적으로 적합한 것에서 부정적인 것 순으로 5점에서 1점까지 점수를 부여하였다.

1.

1)

토지매입 1차년도에서는 토지매수가 활발하지 못하였으나 2차 년도인 2001년에 접어들면서 매수제에 대한 주민의 인식이 개선되고 보상가격이 시가에 근접하여 적극적인 매입이 이루어지고 있다. 설문조사결과 그동안 토지매도를 기피한 원인중 가장 큰 부분을 차지하는 것이 ‘충분치 못한 보상’에 기인한다고 답하고 있다. 따라서 토지 매수가격 책정에 있어

현 시스템의 타당성을 적극 홍보하고 가격결정에 주민의 의견을 적극 반영할 경우 활발한 매입이 가능하리라 본다. 즉, 매수가격은 시장가격에 기초해서 정하며 정부에서 제시한 감정평가액에 대하여 토지소유자가 적극적인 협상을 할 수 있는 방안을 마련하도록 한다.

## 2)

현 단계에서는 매도요구량을 전부 소화하지 못하는 실정이므로, 앞으로는 상수원관리지역에 대한 토지매수 우선순위를 설정하는 것이 바람직 하다. 현재 정부에서는 5단계 우선순위를 설정해 우선순위에 따라 매입하고 있으나 우선순위를 수변에서 거리에 최 우선을 두도록 함이 바람직하다. 토지매수 우선순위 결정은 수질오염물질을 배출하고 수질오염 부하량이 높은 토지, 개발잠재력 및 오염원의 신규입지 가능성이 높은 토지 등 오염관리에 기반을 둔 매입 순서에 따름이 바람직하다. 설문조사결과 소유자들이 토지매수제를 선호하고 있음에도 매도의사가 저조했던 이유는 정부에서 제시한 매입가가 낮았기 때문으로 인식하고 있으므로 매수가격 설정의 합리성에 대한 적극적인 홍보도 필요하다. 더 나아가서는 감정평가기관의 선정에 있어 주민이 지정하는 기관도 참여가 가능하도록 하는 제도적 보완이 필요하다.

< - 11 >

1	• 수변에서 30m 이내에 있는 토지 중 주유소, 축사, 공장용도, 식당, 숙박업 등 토지
2	• 수변에서 100m이내에 있는 중 주유소, 축사, 공장용도, 식당, 숙박업 등 토지
3	• 수변에서 30m이내에 있는 개발가능성 있는 토지
4	• 수변에서 100m이내에 있는 개발가능성 있는 토지
5	• 그외 수질보전에 민감한 영향을 미치는 토지

## 2.

### 1)

보존지역권의 설정은 현재의 토지이용은 최대한으로 보장하고 소유권도 인정하면서 환경친화적인 이용을 유도하는 제도이다. 그러나 본 제도는 기존의 토지이용을 그대로 인정하면서 금전적인 보상이 주어지므로 대상 지역의 선정시 사회적 형평성 문제가 제기되

지 않도록 주의를 하여야 한다. 따라서 이 제도는 개발가능성이 높으나 주민이 소유권을 보유하고자하는 토지에 대해 적용함이 바람직하다. 즉 개발가능한 토지에 대해 환경친화적 토지이용으로 전환하거나 또는 기존의 토지이용만 인정하고 부속토지는 친환경적으로 유지하는 조건으로 지역권을 설정하고 이는 토지대장에 기입하여 지역권이 설정된 토지임을 분명히 밝는 등 제도적 보완이 필요하다. 구체적인 지역권 설정원칙은 다음과 같다.

- ❖ 개발가능성이 높고 환경적으로 민감한 토지에 대해 토지소유자가 희망하는 경우 환경친화적 토지관리 효과여부를 검토해 지역권 설정을 검토한다.
- ❖ 현재의 창고나 헛간과 같은 구조물 및 집을 포함하는 현재의 거주적 이용 시설물은 “현존상태 사용보장”을 통해서 수용할 수 있다.
- ❖ 지역권을 파는 토지소유자에 대해서 환경에 영향을 주지 않는 현존의 이용목적을 보장한다.
- ❖ 지역권은 수질에 위협을 줄 수 있는 활동들을 토지에서 영구히 일어나지 않도록 제한한다. 이러한 제한은 미래의 개발, 토지 형질변경, 도로 건설, 수로와 습지훼손 및 변경을 포함한다.
- ❖ 토지소유자는 지역권하에서도 지역권의 조건을 달고 토지 매매, 증여, 양도할 권리를 가진다.
- ❖ 정부는 전체토지에 대한 지역권 가치의 비율에 근거해서 토지세를 부담한다. 반면 토지소유자는 남아있는 재산(건축물에 대한 세금 등)에 대한 세금만 지불한다.

## 2)

- ❖ 환경적으로 중요한 토지에 대해 지역권 설정 대상지역을 정부에서 선정한다.
- ❖ 토지 소유자가 정부에 대해 지역권 매매를 신청한다.
- ❖ 정부와 토지 소유자는 토지에 대해 현재 사용중인 주택과 헛간 등의 토지는 “현존상태 사용보장”에 동의한다.
- ❖ 남아있는 나머지 토지에 대해서는 개발되지 않고 보호하는데 원칙적으로 동의한다.
- ❖ 토지소유자는 자신의 의사로 매수제안을 받아들이거나 거절할 수 있고, 또한 소유자 자신이 평가한 가격 정보를 정부의 평가팀이 검토하도록 제출할 수 있다.

3) 가

모든 토지는 이와 유사한 토지의 최근 판매에 기초해서 개별적으로 평가된다. 감정인은 보존 지역권에 대한 가치를 정하기 위해 다음의 표준계산을 이용한다.

지역권의 가치	=	보존 지역권이 없을 때의 총가치	—	지역권이 설정되어 있을 때의 토지의 가치
---------	---	----------------------	---	---------------------------

4)

지역권 매입자는 지역권 매도자가 지역권의 관리기준에 따르고 있는지를 확인하여야 한다. 만약 지역권이 위반되었다면, 토지소유자는 토지를 이전의 상태로 복원하여야 한다.

3.

1)

토지의 임차제 역시 대상토지를 농지보다는 개발가능지로 국한하여 시행하여야 한다. 즉, 수질에 민감한 토지이용임과 동시에 오염발생 개연성이 높은 토지이나 소유자가 매도나 지역권설정을 희망하지 않을 경우 임차하여 환경친화적인 토지이용으로 활용하는 방안이다. 임차 후 장기적으로 토지 소유자와 협의를 지속하여 토지매수나 지역권 설정 등으로 발전시키도록 노력하여야 한다. 임대료는 지가상승이 현저한 지역을 제외하고는 5년내지 10년마다 갱신토록 하여 임대인에게 임대 안정성 부여와 국가에서는 행정수요를 줄여야 할 것이다.

2)

수변구역의 경우 이 지역을 임차하기 위해서는 임차기간, 임차료, 납부방법, 이자율, 해지시 복구비용, 임차기간비용(해지, 신규계약에 따라 새로 조성시 드는 비용)을 고려해야 한다.

(1)

적정 임차기간을 설정하는데 있어서 우선적으로 고려해야 하는 것은 수변녹지가 오염물 저감, 상수원보호 효과를 가져오는데 걸리는 기간(부지준비기간, 건설기간, 효력이 발생하

기 위해 걸리는 기간)을 고려하고 이 효과를 달성하기 위해 투입된 비용(토지 임차비, 수변 녹지 조성비, 계약해지시 복구비용등)을 고려하여 경제적으로 타당한 기간을 임차할 수 있어야 한다. 또한 농지와 임야인 경우 적정 임차기간이 달라질 수 있다. 농지의 경우 수변 구역조성으로 오염물저감의 효과를 가져오기 위해 상당기간이 필요하며, 임야인 경우도 수변함양림으로써 기능을 하기 위해서는 적어도 수십년이 소요될 것이다.

## (2)

임차료는 설문지에서 조사한 인근지역의 동일용도 토지와 같은 수익기준으로 정하거나, 임차한 농지에서 얻는 소득 금액을 기준으로 하여 정한다. 또한 설문지에서 나타난 현행 임차료를 기준으로 정할 수도 있는데 이는 다음 절의 경제적 분석에서 이용하였다.

## (3)

이미 조성한 수변구역을 계약기간의 만료로 기존의 논, 밭, 기타 용도로 전환해야 할 때 소요되는 비용이다.

## (4)

이 비용은 임차에 의한 수변구역 조성에 추가되는 비용이라 할 수 있다. 만약 토지의 매입 후 A, B 지역에 수변구역을 조성한다면 수변구역은 계속 존속하는 것이다. 그러나 임차의 경우 A, B 지역에 조성된 수변구역은 계약기간 만료와 재계약 실패시 원래의 용도로 복구해야 할 뿐만 아니라 수질보호목적을 달성하기 위해 새로운 계약자를 찾아 새로운 계약을 한 후 그 토지에 수변구역을 조성해야 하므로 이 비용도 고려해야 한다.

## 3)

농지의 경우 임대차에 관한 농지법제22조에 의해 임차를 할 수 있는 토지는 1996년 1월 1일 이전부터 소유하고 있는 토지, 이전상속 및 이농농지, 고령은퇴농가의 소유농지 등으로 수변구역 조성을 위해 임차할 수 있는 농지 면적은 제한적이다. 따라서 임차의 대상은 농지보다는 개발가능 나대지 등을 대상으로 하면 법적인 문제는 없다고 본다. 일반 개발가능지를 대상으로 할 경우 특별한 제도적 보완방안은 필요하지 않다. 또한 단기 임차시에는 수질개선에 큰 효과가 없으므로 장기임차가 가능토록 하여야 한다.

#### 4.

토지 매수제 대안중 보전지역권을 매입하는 경우와 임차제 경우에 대해 경제성 분석을 실시하였다. 매입가격은 공시지가를 기준으로 하는 경우와 현시가(공시지가의 두배)로 하는 경우의 두 가지로 나누어 비교하였다. 첫 번째 경우는 팔당의 상수원 지역은 거래시가와 공시지가의 차이가 크지 않은 경우이므로 이를 반영하여 공시지가를 활용하였다. 두 번째 경우는 일반적인 경우로 거래시가가 공시지가의 약 2배인 경우이다. 여기서는 두 경우를 고려하여 매입비용을 산정하였으며, 이를 바탕으로 보존지역권 설정, 매입비용과 임차비용의 비교시에도 같은 경우를 적용하여 보았다.

##### 1)

##### (1) 1 : 가 가

보통 거래시가는 과거의 일반적인 경우에는 시장가격과 큰 차이가 있었으나<sup>4)</sup> 현재 해당 지역의 경우 공시지가와 거래시가의 차이가 크지 않아 여기서는 전, 답, 대지의 경우 거래시가로 공시지가를 활용하여 산정하였다. <표-12>에 있는 수변구역의 각 시·군별 표준지 공시지가는 한국감정평가협회 자료를 이용하여 해당지역의 번지별 표준지 공시지가를 지목별로 산술평균내어 나타낸 것이다.

< - 12 > 2001 가

(단위: 원/㎡)

용인시 포곡면 영문리	34,400	21,333	106,400	14,000
여주군 대신면 가산리	6,166	5,800	21,333	5,000
양평군 강상면 신화리	13,342	4,633	33,000	2,100
광주군 남종면 검천리	12,166	11,642	130,000	1,925
춘천시 남산면 강촌리	4,183	6,020	167,250	591
가평군 외서면 고성리	9,528	10,922	31,500	1,680
원주시 부론면 단강리	4,125	3,800	10,530	536
남양주시 화도읍 구암리	40,800	46,583	137,000	4,175
충주시 가금면 장천리	5,590	5,300	13,150	1,410
충주시 소태면 북탄리	4,114	4,766	13,971	1,070

자료) 한국감정평가협회(<http://www.kapanet.co.kr>)

4) 전답의 경우 일반적으로 공시지가의 약 2배 정도이고, 임야는 3배 정도이다(김재병, 1998).

위의 표준지 공시지가 자료를 토대로 수변구역내 토지의 매입시가를 구한다. 수변구역내 토지를 시가로 매입할 경우  $\text{m}^2$ 당 소요되는 비용은 <표-13>과 같다.

< - 13 > 가

토지가격(원/ $\text{m}^2$ )	4,114~40,800	3,800~46,583	10,530~167,250	536~14,000

(2) 2 : 가 가 2 - 3

보통 거래시가는 전답의 경우 일반적으로 공시지가의 약 2배 정도이고, 임야는 3배 정도이다(김재병, 1998). 해당지역의 경우 공시지가와 거래시가의 차이가 크지 않은 것으로 알려져 있으나 여기서는 일반적인 경우를 고려하여 전, 답, 대지의 경우 거래시가가 공시지가의 2배, 임야의 경우 3배로 가정하였다. 표준지 공시지가 자료를 토대로 공시지가의 2-3배인 매입시가로 매입할 경우  $\text{m}^2$ 당 소요되는 비용은 <표-14>과 같다.

< - 14 > 가

토지가격(원/ $\text{m}^2$ )	8,228~81,600	7,600~93,166	21,060~334,500	1,608~42,000

위 표에서 볼 수 있듯이 동일 토지이용일지라도 거래시가의 가격 폭이 상당한 차이를 보이고 있으므로 시가에 의한 매입비용과 임차제에 의한 임차비용비교시 최저매입비용과 최고매입비용을 고려하여 비교하였다.

2)

먼저 주민들의 선호도가 높은 환경친화적 관리계약을 시행하고 이를 지역권설정 제도로 전환하는 단계적 접근방법의 경우, 초기에는 환경친화적 관리계약에 따른 비용이 발생하고, 지역권 설정후에는 지역권 설정에 대한 보상(지역권 매입비)을 해야 한다. 환경친화적 관리계약의 경우 이에 따르는 토지소유자의 소득손실분을 보상해주고, 이에 관련된 생산물의 유통로를 개설, 촉진, 관리하는 등의 비용이 필요하다. 설문조사 결과 보존지역권 설정에 드는 보상비에 대한 질문에서 ‘인근지역의 동일용도의 토지가격과 당해소유토

지가격의 차이'를 가장 많이 택하였다. 그러나 인근지역 또한 개발제한 구역 등으로 제한되어 있어 수변구역으로 지정된 지역의 토지가격과 적절한 비교가 이루어지지 못하므로 여기서는 보존권 매입비로 시가에서 표준지 공시지가를 뺀 차이를 이용하였다. 보존권 매입비용은 앞에서 살펴본 바와 같이 보존지역권이 설정되어 있지 않았을 때의 가치에서 보존지역권이 설정된 다음의 가치를 뺀 차이로 구하는 것이 일반적이다. 환경친화적 관리와 그 이후의 보존지역권 매입을 동시에 고려하는 데에는 많은 변수와 불확실성이 있기 때문에 여기서는 보존지역권의 매입만을 고려하였으며 편의상 개발권의 매입비용산출식을 이용하였다<sup>5)</sup>.

$$< \text{가} - \text{가} >$$

또한 앞의 거래시가를 기준으로한 매입비용의 산출방식과 마찬가지로 거래시가로 공시지를 활용하는 경우와 거래시가가 공시지가의 2-3배인 경우를 고려하여 산정하였다.

(1) 1 : 가 가

거래시가와 공시지가가 별다른 차이가 없는 경우, 위의 식을 적용하는 경우 해당지역에 대한 보존지역권의 설정에 따른 보상비는 산정할 수 없다. 그러나 본래의 보존지역권 보상비가 보존권이 설정되기 전과 보존권이 설정된 후의 지가의 차액이라는 점을 감안하여 면밀한 감정평가를 통해 산정할 수 있을 것이다.

(2) 2 : 가 가 2-3

전답의 경우 일반적으로 공시지가의 약 2배 정도이고, 임야는 3배 정도라고 가정한 매입 시가에서 공시지를 빼는 경우, 수변구역의 지목별로 m<sup>2</sup>당 소요되는 지역권 비용은 <표-15>과 같다.

< - 15 >

지역권 비용 (단위: 원/m <sup>2</sup> )	4,114~40,800	3,800~46,583	10,530~167,250	1,072~28,000

5) 이 방법은 개발권 매입 고려시 이용되는데, 여기서는 개발권과 보존지역권이 둘다 오염물을 유출시킬 행위를 제한한다는 것에 착안하여 같은 비용을 가져올 것이라는 가정하에 동일하게 취급하였다.



지역권 매입 또한 가격의 폭이 상당히 크기 때문에 경제성 분석시 최저비용과 최고비용을 고려해야 한다. 지역권 매입은 전, 답, 대지의 경우 전체매입비용의 1/2로 공시지가와 같다. 임야의 경우는 공시지가의 2배이다.

### 3)

임차비 산정은 설문조사에서 나타난 토지소유자의 현행 임차료를 기준으로 계산하였다. 설문조사결과, 전인 경우 년 756~1,141원/㎡, 답인 경우 년 270~1,815원/㎡, 대지인 경우 4,321~4,329원/㎡로 나타났다. 매입이나 보존지역권 설정과는 달리 임차료는 해마다 또는 일정한 계약기간을 기준으로 계속적으로 지불되는 것이다. 여기서는 년을 기준으로 한 임차료를 7%와 10%의 이자율을 적용하여 비용분석을 하였다. 또한 매입비용산정에서와 마찬가지로, 거래시가로 공시지가를 활용하는 경우와 거래시가로 공시지가의 2배를 적용하는 경우를 고려하여 경제적 분석을 하였다.

#### (1) 1 : 가 가

우선 설문조사에서 나타난 최저임차료를 지불하는 경우, 이자율 7%일 때 전의 경우는 임차 5년차에서 누적임차비용이 전의 최저매입비용 4,114원/㎡을 초과한다. 또한 임차 24년차에서 전의 최고매입비용인 40,800원/㎡을 초과한다. 답인 경우도 누적임차비용이 매입 최저비용인 3,800원/㎡을 임차 11년차에서 초과하며 매입최고비용인 46,583원/㎡은 임차 38년차에서 초과한다. 이자율 10%인 경우는 초과년수가 더욱 짧아진다.

대지인 경우는 이자율 7%인 경우 임차 3년차에서 누적임차비용이 최저매입비용인 10,530원/㎡을 초과하며, 최고매입비용인 167,250원/㎡은 임차 20년차에서 177,142원/㎡으로 초과한다. 이상의 경우는 설문조사에서 나타난 최저임차료를 기준으로 임차비용과 매입비용의 경제성을 살펴본 것이다. 위에서 살펴본 바와 같이 임차비용은 임차 17~38년차가 되면 전, 답, 대지의 최고매입비용을 넘어선다. 따라서 장기적인 관점에서 볼 때 임차제의 경제성은 매우 낮다는 것을 알 수 있다. 최고임차료를 지불할 경우 임차비용이 매입비용을 넘어서는 임차년수는 더욱 단축이 된다.

< - 16 > 가

			4,114~40,800 /㎡	3,800~46,583 /㎡	10,530~167,250 /㎡
최저임차료로 임차 (전: 756원/㎡·년, 답: 270원/㎡·년, 대지: 4,321원/㎡·년인 경우)	이자율	7%	5-24년	11-38년	3-20년
		10%	5-20년	10-31년	3-17년
최고임차료로 임차 (전: 1,141원/㎡·년, 답: 1,815원/㎡·년, 대지: 4,329원/㎡·년인 경우)	이자율	7%	4-19년	3-16년	3-20년
		10%	4-16년	2-14년	3-17년

(2) 2 : 가 가 2

설문조사에서 나타난 최저임차료를 지불하는 경우, 이자율 7%일 때 전의 경우는 임차 9년차에서 누적임차비용이 전의 최저매입비용 8,228원/㎡을 초과한다. 또한 임차 32년차에서 전의 최고매입비용인 81,600원/㎡을 초과한다. 답인 경우도 누적임차비용이 매입최저비용인 7,600원/㎡을 임차 17년차에서 초과하며 매입최고비용인 93,166원/㎡은 임차 48년차에서 95,382원/㎡으로 초과한다. 이자율 10%인 경우는 초과년수가 더욱 짧아진다.

대지인 경우는 이자율 7%인 경우 임차 5년차에서 누적임차비용이 최저매입비용인 21,060원/㎡을 초과하며, 최고매입비용인 334,500원/㎡은 임차 28년차에서 348,694원/㎡으로 초과한다. 이상의 경우는 설문조사에서 나타난 최저임차료를 기준으로 임차비용과 매입비용의 경제성을 살펴본 것이다. 위에서 살펴본 바와 같이 임차비용은 임차 23~48년차가 되면 전, 답, 대지의 최고매입비용을 넘어선다. 따라서 장기적인 관점에서 볼 때 <사례 1>과 마찬가지로 임차제의 경제성은 매우 낮다는 것을 알 수 있다.

< - 17 > 가

			8,228~81,600 /㎡	7,600~93,166 /㎡	21,060~334,500 /㎡
최저 임차료로 임차 (전: 756원/㎡·년, 답: 270원/㎡·년, 대지: 4,321원/㎡·년인 경우)	이자율	7%	9-32년	17-48년	5-28년
		10%	8-26년	15-38년	5-23년
최고 임차료로 임차 (전: 1,141원/㎡·년, 답: 1,815원/㎡·년, 대지: 4,329원/㎡·년인 경우)	이자율	7%	7-27년	4-23년	5-28년
		10%	6-23년	4-20년	5-23년

## 4)

거래시가를 기준으로 한 매입제와 현행임차료를 기준으로 한 임차제의 경제성을 비교분석한 결과 임차제가 경제적이지 못하다는 결론을 얻었다. 현행임차료의 최저임차료를 지불하는 경우, 거래시가로 공시지가를 활용 또는 거래시가로 공시지가의 2배를 적용 시에 임차 17~48년차에서 최고매입비용을 초과하는 것으로 나타났다. 또한 임차제의 경우 계약 해지시 복구해야 하는 비용이 추가적으로 들기 때문에 경제성이 매우 낮다고 할 수 있다. 지역권매입의 경우는 임차제나 매수제에 비하여 경제성은 있다고 할 수 있으나, 초기에 환경친화적 관리계약과 병행하여 실시하는 것이 바람직하므로 이에 대한 행정소요비용이 들 것으로 예상된다. 또한 지역권매입후에도 지속적인 관리·감독비용이 필수적이다.

## 4

토지이용관리는 과거 미시적 용도지역지구제의 적용에 만족하지 않고 환경적 관점에서 점차 국토환경관리라는 장기적 내지는 거시적 관점에서 토지이용관리의 필요성이 증대되고 있다. 공공의 이익을 위한 친환경적 토지관리기법이 각국에서 다양한 형태로 활용되고 있으며, 우리나라에서도 환경보전을 위한 다양한 토지이용관리제도가 있다. 특히 ‘한강수계상수원 수질개선 및 주민지원등에 관한법률’에 의해 팔당유역의 상수원지역내 토지매수를 통한 친환경적 토지관리제도가 시행되고 있다.

그러나 수변구역 토지매수제가 시행초기에는 매도자의 인식부족으로 매수가 제대로 이루어지지 않았으며, 또한 매입제도 하나만으로 넓고 다양한 토지이용이 이루어지고 있는 유역에 환경친화적인 토지관리를 정착시키기에는 어려움이 있었다. 친환경적 토지관리를 위한 다양한 기법이 있으나 이중에서도 토지매입을 통한 관리가 가장 효율적이며 일반적으로 이용되는 방법이다. 따라서 현재는 친 환경적 토지관리를 위해 가장 효율적인 매수제를 정착시키고, 중·장기적으로는 당해지역에 적합한 다양한 친환경적 토지관리기법 도입을 검토함이 바람직하며 도출된 정책건의 사항은 다음과 같다.

- ❖ 현재의 토지매수제는 2000년에 매수가 시작된 이래 초기에는 주민의 호응도가 낮았으나 2차년도인 2001년부터는 토지매수가 활발히 이루어지고 있다. 토지매수제는 사유재산권을 침해하지 않으면서도 수질관리목표를 달성할 수 있는 가장 확실한 토지

관리제도 이다. 또한 토지매수제는 전 세계적으로 상수원에서의 환경친화적 토지관리를 위해 가장 일반적으로 사용되는 제도임과 동시에 가장 효율적인 토지관리기법이므로 현 시점에서는 정착되어가는 토지매수제를 적극 추진함이 바람직하다.

- ❖ 수질개선기여도, 주민참여등 각 대안에 대해 종합적으로 검토한 결과 매수제 대안으로 지역권설정, 임차제, 환경친화적 관리계약 등이 바람직하나 새로운 제도의 도입은 치밀한 준비를 거쳐 단계적으로 추진하여야 한다. 한편 휴경보상제, 토지교환, 개발권양도 및 선매제 등은 도입하기는 무리가 있다. 특히 휴경보상제는 장기적인 차원에서 볼 때 수질개선 효과는 미약하고 이 제도에 대한 주민의 선호도도 매우 저조하였다. 또한 휴경보상제는 환경적 목적으로만 실시할 경우 그 효과가 미미하고 또 관리가 잘 안될 경우 오히려 토양침식에 의한 수질오염 우려가 있다. 개발권양도제는 대상지역의 개발압력은 높고 토지소유자가 매각을 원치 않을 경우에는 유효할 수 있으나, 이것도 기존의 토지관리 및 토지이용제도의 보완, 수도권 전체에 대한 토지이용계획 수립 등이 필요하므로 상수원지역에 국한하여 적용하기는 무리가 있다.
- ❖ 중·장기적으로는 환경친화적 토지관리를 활성화하기 위해 당해 지역에 가장 적합한 토지관리기법 도입도 고려함이 바람직하다. 즉, 특정 지역에 적용할 토지관리기법을 지나치게 좁게 한·두가지로 한정하여 일률적으로 적용하기보다는 대상지역의 특성에 따라 적절한 관리기법을 선택적으로 적용하는 방안의 검토도 필요하다.
  - 임차제와 지역권설정은 매수가 어려운 토지에 한해 적용하고 특히 수질오염기여도가 높고 취수지점 인근의 토지에 대해 제한적, 단계적으로 실시함이 바람직하다. 임차제의 경우는 토지소유자가 수질에 민감한 지역에 대해 매매를 원하지 않을 경우에 한해 실시할 수 있을 것이나 경제성분석 결과, 경제성이 낮으므로 제한적으로 고려함이 바람직할 것이다. 또한 임대기간을 장기간으로 하여야 복구비용을 절감할 수 있고 수질개선효과가 나타나므로 임대기간에 주의하여야 한다.
  - 지역권설정은 개발가능성이 상당히 있거나 또는 도시적 토지용도로 전환될 수 있는 토지에 대해 선별적으로 시행한다.
  - 환경친화적 토지관리제도는 토지매도나 지역권설정을 원하지 않으나 수질영향이 큰 토지에 한해 실시한다. 도시적 토지이용의 경우도 부속된 토지에 대해 친 환경적 토지관리제도를 도입할 수 있다. 예를 들어 도시용도로 사용하고 있는 토지에 부속된 공지를 습지나 연못으로 조성하는 경우 소요되는 비용을 지원하는 방안 등이 이에 해당한다.

< >

- 1) 한강수계관리위원회, 2000, 2000년도 한강수계관리기금 운영계획
- 2) 한강유역관리청 내부자료, 2001
- 3) 한국환경정책평가연구원, 국토연구원, 1999. 개발제한구역 제도개선을 위한 환경평가 기준연구
- 4) 환경부, 2000, 환경백서
- 5) 환경부, 2001, 친환경적인 국토관리방안에 관한 연구
- 6) 환경부 · 한강수계관리위원회 · 한강유역환경관리청, 2001, 한강수변구역관리 기본계획 및 설계종합보고서
- 7) 김재병, 1998, 생태계보전지역의 관리를 위한 보상방안 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문
- 8) 문병기, 1999, 환경보전을 위한 토지이용규제에 관한 연구
- 9) 이정전, 1999, 토지소유권과 개발권의 새로운 정립, 새 밀레니엄 시대의 국토관리 어떻게 할 것인가?
- 10) 최지용 · 정유진, 2000, 수질개선을 위한 수변녹지의 조성 및 관리방안 연구, 한국환경 정책 · 평가연구원
- 11) 하영표, 1999, 유희국유지와의 교환에 의한 수변구역 토지의 공공화방안 연구. 연세대 석사학위논문
- 12) Catskill Watershed Corporation. 2000, Annual Report 2000-2001
- 13) New York City Department of Environment Protection, New York City, 1999, Drinking Water Supply and Quality Report
- 14) USDA, 2000, The Conservation Reserve Program, Continuous Sign-up for High-Priority Practices
- 15) USDA, 2000, The Conservation Reserve Program, Innovation in Environmental Improvement
- 16) Watershed Agricultural Council for the New York City, 2000, Water Supply Watershed, 2000 Annual Report
- 17) <http://www.kapanet.co.kr>
- 18) <http://www.niast.go.kr/home/sm/reserch1997.htm>

# 2

.....

( , , )

. / 247  
.  
/ 250  
.  
/ 262



( )

1.

우리나라는 물 수요의 지속적 증가에 따른 수자원 확보, 홍수조절 및 전력생산 등의 필요에 의해 다목적 댐 등 대형 댐을 건설하여 왔으며 농지확보 등 국토확장을 위한 간척사업으로 바다를 막아 새로이 하구담수호를 조성하는 등 인공호소가 늘어나고 있으며, 아울러 호소에 대한 용수 의존도도 점차 증가되고 있다. 그러나 이러한 호소는 대부분 폐쇄성 또는 준폐쇄성 수역 공간이라는 구조적 특성 때문에 하천에 비해 자체정화 능력이 떨어지며 영양염류의 축적이 용이하여 부영양화(eutrophication) 등 2차 오염이 유발될 가능성이 크고, 물의 순환이 안되어 부영양 상태가 가속화됨에 따라 생물의 이상증식이 발생하는 등 하천이나 해역과 비교하여 수질이 악화되면 회복이 어렵다. 그리고, 우리나라 수계는 지형상 산맥으로 분리되어 있고, 강우는 계절적, 지역적으로 편중되어 있어 강우기에는 전체 강수량의 약 60%가 집중되므로 유역의 오염물질이 일시에 유출되어 많은 비점 오염물질이 중산간 농업용수원에 유입되어 수질을 악화시키는 반면, 갈수기에는 상대적으로 수량 감소에 따른 수질오염도가 높아지고 각종 용수의 이용에 지장을 초래하기도 한다. 특히, 우리나라의 농업용 저수지들은 중산간지역에 축조되어 있으며 대부분이 노후 화되어 평균 수심이 얇고 체류일수가 긴 편으로 호소에 유입되는 오염물질 등 영양염류에 의한 부영양화 발생 등 오염에 매우 취약한 구조적 특성을 지니고 있다. 따라서 효과적인 농업용수 수질관리를 위해서는 농업용수원의 오염원인을 발생오염원특성과 수리구조적 오염특성 등으로 구분하여 정확히 파악하고 그에 적절한 수질관리대책의 수립이 요구되어진다. 현재까지 농촌지역에 대한 수질관리는 상당히 낙후되어 있는 것이 사실이며 보다 적극적인 농업용수 수질관리, 즉, 농촌환경에 적합한 환경친화적인 농업용수 수질개선사업이 이제는

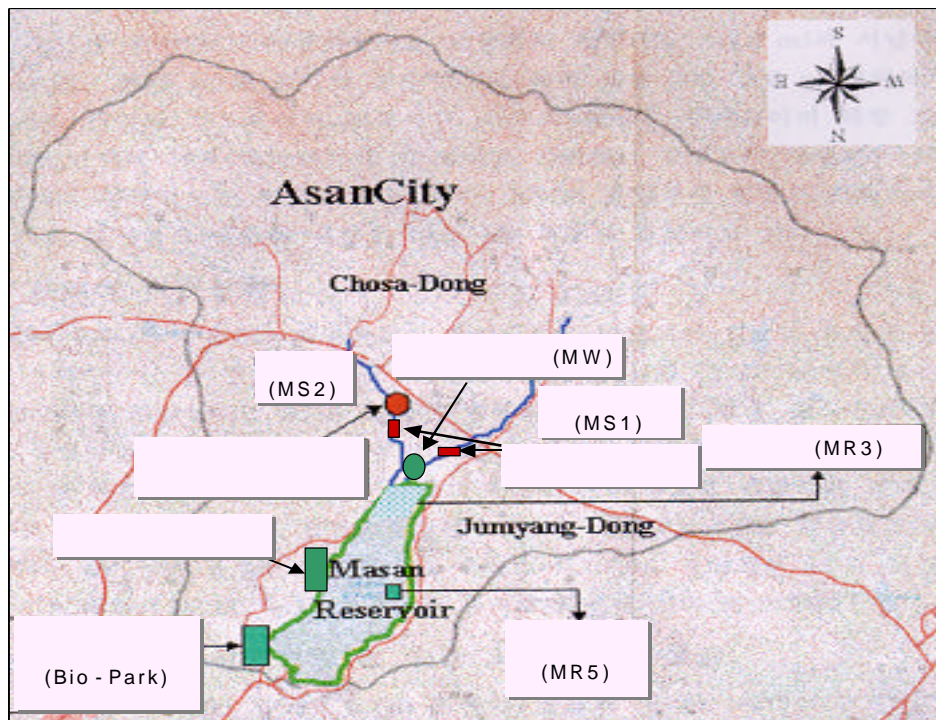
활발히 이루어져야 할 것이다.

현재 저수지의 수질이 크게 악화되어 있어 저수지의 수질개선사업이 필요하나 아직까지 수질개선공법이 체계적으로 적용된 적이 없고 설계기준, 처리효율에 관한 자료가 미비하여 시험사업을 통한 수질개선사업의 방향제시 및 설계자료 확보가 필요하다. 본 사업은 농업용수 수질개선사업에 적용할수 있는 자연정화공법에 대한 적정설계인자 및 정화효율, 유지관리기법 및 문제점을 미리 파악하여 수질개선사업의 시행착오를 방지하기 위한 시험사업으로 우리나라 농업용저수지의 전형적 특성을 가지고 있으며 지리적으로 우리나라 중앙에 위치하고 있는 충남 아산시 방축동 소재 마산저수지를 대상으로 수행 하였다. 먼저 농업용저수지의 수질개선에 적용가능한 수질정화공법을 선정하고, 수질정화공법을 설치·운영하면서 수질정화공법의 설계인자, 처리효율, 유지관리, 개선방향 등 수질처리특성을 종합적으로 분석하는 것이 본사업의 주요목적이며, 적용한 수질정화공법은 ①처리효율이 지속적이고 유지관리가 용이하며, ②자연정화능력을 최대한 활용하고 저수지 주변환경과의 조화를 이룰 수 있으며, ③수질정화공법의 평가를 위해 수질처리 위치별 대표성이 있고, ④마산저수지의 유역과 저수지내의 설치 가능성 측면을 고려하여 선정 하였다. 선택된 수질정화공법은 호소내 수질정화공법으로 다단계 식생정화 시스템인 Bio-park, 인공식물섬, 저수지유입부의 저류지, 자연형 수질정화습지 및 호안생물서식 공간과 유입하천 정화공법으로 복합접촉산화수로 및 끈상접촉제 수로 등이다. 저수지대책공법인 식생정화시스템은 호소수질 정화기능과 함께 저수지 주변 경관의 개선 및 주민들의 친수공간 제공 기능이 있으며, 인공식물섬은 식물에 의한 영양염류의 흡수뿐만 아니라 호소의 경관개선과 생태계의 복원에 기여할 수 있는 공법이고, 저류지는 강우시 저수지로 유입되는 오염물질을 효과적으로 차단하는 기능을 가진다.

## 2.

본 사업은 농업용수 수질개선사업에 적용할 수 있는 자연정화공법에 대한 적정설계인자, 정화효율, 유지관리기법 및 문제점을 미리 파악하여 수질개선사업의 시행착오를 방지하기 위해 시험사업으로 수행되었다. 대상지는 우리나라 농업용저수지의 전형적 특성을 가지고 있으며 지리적으로 우리나라 중앙에 위치하고 있는 충남 아산시 방축동 소재 마산저수지<그림 1 참조>를 대상으로 1997년부터 수행하였다.





1. ( )

시험사업대상지인 마산저수지의 제원은 <표 1>과 같다.

1.

	(ha)	(ha)	(ha)	(m)	(m)	( m <sup>3</sup> )
마산저수지	1,776	566	92	247	10.7	3,037

본 시험사업에 적용된 수질정화공법은 호소내 수질정화공법으로 다단계 식생정화 시스템인 Bio-park, 인공식물섬, 저수지 유입부의 저류지, 자연형 수질정화습지, 호안생물서식 공간, 유입하천 정화공법으로 복합점축산화수로 및 끈상점축재 수로 등이다.

저수지수질대책공법인 식생정화시스템은 호소수질 정화기능과 함께 저수지 주변 경관의 개선 및 주민들의 친수공간 제공 기능이 있다. 인공식물섬은 식물에 의한 영양 염류의 흡수뿐만 아니라 호소의 경관개선과 생태계의 복원에 기여할 수 있는 공법이고, 저류지는 강우시 저수지로 유입되는 오염물질을 효과적으로 차단하는 기능을 가지는데, 적용공법은 <표 2>와 같다.

## 2.

저수지수변 대책		수질정화습지	면적 : 5,500㎡	
		호안생물서식공간	면적 : 1,500㎡	
저수지내 대책		유입부 저류지	조성면적 : 14ha	
		Bio - Park	식물재배 : 3,330㎡, 전체면적 : 7,640㎡	
		인공식물섬	3개소 480㎡	
유입하천 대책	초사천	복합점축산화수로	폭2.0m, 길이40m, 2조 처리용량 2,000㎡/일	
		끈상점축재 수로	설치구간 L = 100m	
	황산천	끈상점축재 수로	설치구간 L = 100m	

## 3.

마산저수지는 평균수심이 낮고 유역면적/만수면적비 19.5, 총면적/저수량비 6.2이며, 평균수심 3.3m, 체류시간 161일로 전반적 구조적 특성이 부영양화에 취약한 상태이다. 2001년 평균 수질은 COD 12.1mg/L, SS 19.7 mg/L, TN 2.188mg/L, TP 0.208mg/L, N/P비 10.5로 농업용수 수질기준(환경기준 IV등급)을 초과하고 있으며, 강우량의 감소로 TN을 제외한 대부분의 수질오염물질농도가 2000년에 비해 증가하였고, Chl.a 로 판단한 부영양화도 지수(TSI) 역시 강우량 감소에 의해 TSI 73으로 '00년 보다 심화되어 나타났다. 강우량 감소로 하천수량이 부족하였던 황산천과 초사천의 2001년 수질특성을 보면 평균 BOD는 황산천 2.6mg/L, 초사천 2.8mg/L로 환경기준 2등급을 보이고 있으나 COD, TN, TP는 '00년 보다 높은 수준을 보이며, 특히 총질소의 농도가 평균 4.572mg/L, 3.538mg/L로 높게 나타나고 있었다.

## 1. Bio - Park

습지의 수생식물들은 그들의 천개(canopy), 생물량(Biomass), 근권(rhizosphere)등을 통해 다양한 물리, 화학적, 미생물학적 정화 프로세스를 수행할 환경을 제공한다. 이러한 자연적

프로세스들은 독립적으로 혹은 복합적으로 용존물질을 제거하며, 생물화학적 산소요구량(BOD)를 감소시키고, 질소형태를 변화시키며, 각종 금속성분의 저장공간을 제공해 줄 수 있고, 인 성분을 순환시키며, 또한 공중보건에 영향을 미치는 미생물의 저감에도 영향을 미친다. 습지내에서 macro nutrient 와 micro nutrient의 생화학적순환은 습지시스템 처리능력의 중요한 기틀이 된다(Gearheart R. A. et al, 1994). 본 조사연구사업에는 일본의 식생정화시스템인 Bio-Park을 변형도입하여 수질정화효과 및 제반 설계인자를 연구하여 국내환경에 적용 가능성 및 적용방안을 제시하고자 하였다. 또한 본 조사연구사업의 Bio-Park은 수생식물이 가지는 경관향상 기능을 최대한 활용하였는데, 아산시 국민관광단지조성사업으로 많은 시민과 관광객들에게 친수휴식공간과 체험학습장으로 이용되고 있다. 또한 2001년 아산시에서 마산저수지와 Bio-Park을 일주하는 수변산책로를 완공하여 더욱 효과적인 친수휴식공간 및 교육·홍보공간을 제공하리라 예상된다.

### 1) Bio - Park

식생정화시스템인 Bio-Park은 수질개선 대상저수지인 마산저수지의 물을 끌어들여 상단과 하단의 식물재배지를 거쳐 오염물질을 저감시킨 뒤 저수지로 다시 유출되는 구조로 운영되고 있다. 식생정화시스템인 Bio-Park의 구조는 아래와 같으며 수질개선에 직접 관여하는 시설로는 침전조→식물재배지상단(1,2,3단)→중간수로→식물재배지하단(4,5,6,단)이다.

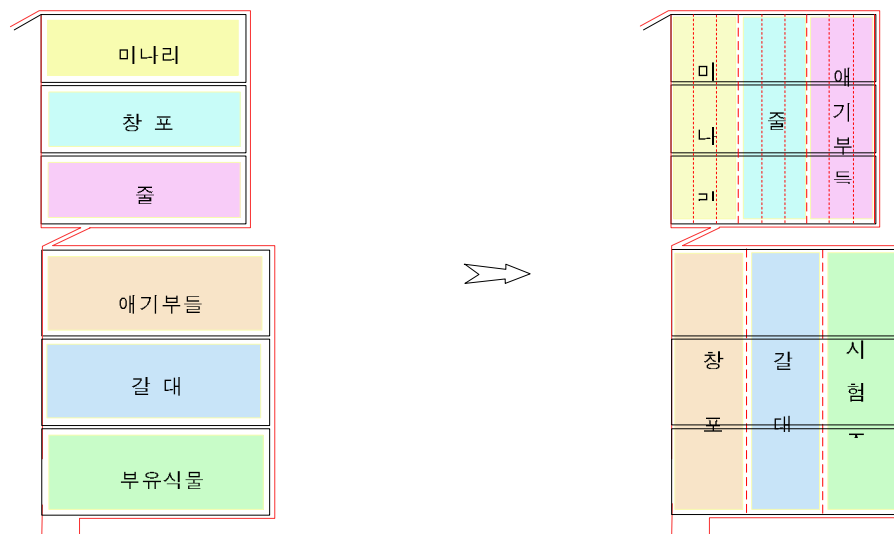
저수지 심층수 → 접근수로 → 양수장 → 송수관 → 침전조 → 식물재배지(제1단, 제2단, 제3단) → 중간수로 → 식물재배지 (제4단, 제5단, 제6단) → 유출관로 → 저수지 심층부

수질개선사업 5차년도인 2001년에는 1999년~2000년의 연구자료를 바탕으로 Bio-Park의 수질개선효과분석 증진을 위해 식물의 배열구조를 그림 2와 같이 변경하였다. 주요 변경내용은 습지시스템의 횡적 배열에서 종적배열로 유입수의 유하거리를 연장시키고, 상단에서는 비교적 정화 식물로 많이 이용되는 미나리, 줄, 애기부들을 대상으로 하여 각 식물별 수심을 0.1~0.3m로 구분하여 적용하였다. 구조변경 이후의 주요 전경은 <그림 2>와 <그림 3>과 같다.

2)

가.

2001년 Bio-Park은 식물별 배열과 수심, 체류시간을 달리하여 운영함으로서 각 식물의 수질정화특성 및 성장특성을 살펴보고 인공습지시스템에 관한 최적유지관리방안을 모색하고자 하였는데, 그 결과 구성식물별 평균수질정화효율은 BOD 6.8~44.1%, COD 6.6~14.7%, SS 15.9~46.1%, T-N 12.5~24.3%, T-P 9.9~21.8%, Chl.a 14.0~42.8%로 COD와 SS, Chl.a 등 유기물질의 정화효율이 우수하였고, 특히 애기부들적용시스템 중 0.1m 수심 조건에서 가장 효율이 높게 나타났다. 전년도 결과와 비교하여 COD는 다소 감소하였으나 BOD, T-N의 효과는 크게 증가한 반면, T-P효율은 습지토양내에 인이 축적되어 감소된 것으로 판단된다. Bio-Park의 구조를 변경하였기 때문에 보다 정확한 효율분석을 위해서는 앞으로 지속적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.



2. Bio - Park



3.

Bio - Park

3. Bio - Park (2001 )

Removal Efficiency %	O. javanica			Z. latifolia			T. angustifolia			A. calamus	P. australis	Exper. Pond
	0.1m	0.2m	0.3m	0.1m	0.2m	0.3m	0.1m	0.2m	0.3m			
BOD	18.2	27.4	25.9	33.3	31.8	39.0	44.1	31.9	34.4	23.6	23.7	6.8
COD	6.8	7.7	7.8	10.1	6.7	10.1	14.7	12.5	11.6	6.6	9.8	7.2
SS	39.9	35.7	43.8	36.0	36.2	33.0	46.1	39.2	42.7	36.7	36.3	15.9
Chl.a	23.3	25.2	27.7	18.9	14.0	18.0	42.8	21.3	29.2	27.3	25.9	15.3
TN	17.2	24.3	18.9	14.5	15.1	18.2	22.5	12.8	17.5	15.5	15.6	12.5
TP	13.9	17.6	17.2	17.3	15.8	9.9	19.5	14.2	21.8	11.6	15.9	11.9

식물별 단위면적당 제거량은 BOD 2.1~17.6g/m<sup>2</sup>/day, SS는 10.66~52.23g/m<sup>2</sup>/day, TN 0.91~1.75g/m<sup>2</sup>/day, TP 0.06~0.14g/m<sup>2</sup>/day, Chl.a 37.36~149.7mg/m<sup>2</sup>/day로 SS와 Chl.a의 제거량이 높았으며, 특히 애기부들적용시스템에서 우수한 제거율을 보였다.

식물에 의한 단위면적당 제거효과는 미나리적용시스템에서 생산량 116~308gDM/m<sup>2</sup>, N흡수량 1.97~5.70 g/m<sup>2</sup>/yr, P흡수량 0.17~0.79g/m<sup>2</sup>/yr, 줄시스템에서는 생산량 545~1246gDM/m<sup>2</sup>, N흡수량 5.53~11.29g/m<sup>2</sup>/yr, P흡수량 0.74~1.97g/m<sup>2</sup>/yr로 수심 0.1m에서 가장 높은 값을 보였고, 애기부들 시스템에서는 생산량 1,164~1,337gDM/m<sup>2</sup>, N흡수량 1.78~2.03g/m<sup>2</sup>/yr, P흡수량 1.78~2.03g/m<sup>2</sup>/yr로 수심 0.2m에서 가장 높은 값을 보인 반면, 창포시스템에서는 생산량 826~1,586 gDM/m<sup>2</sup>, N흡수량 9.33~17.07 g/m<sup>2</sup>/yr, P흡수량 1.84~3.48g/m<sup>2</sup>/yr로 물옥잠이 공생한 상단에서 가장 높은 값을, 갈대시스템에서는 생산량 689gDM/m<sup>2</sup>, N흡수량 6.53g/m<sup>2</sup>/yr, P흡수량 1.04g/m<sup>2</sup>/yr로 생장초기스트레스로 비교적 낮은 값을 보였주었다. Bio-Park의 미생물학적 정화효과는 각 시스템을 통과하면서 총세균수와 유기물분해성 중속영양세균수가 유입수보다 점차 증가하였으며, 특히 창포조와 갈대조, 부유식물조에서 높게 나타나 미생물활성증가에 따른 유기물 분해도가 높음으로 사료된다.

## 2.

수생식물을 이용한 인공습지는 물리, 화학적으로 수질을 향상시키는 한편 고급어류와 생물들에게 많은 서식처를 제공하고 있어 호소내 수질정화공법으로 많은 이점을 가지고 있으나, 호소연안의 새로운 습지형성은 부지확보 및 경제적으로 많은 어려움이 있으며, 특히 조경과 인공적인 관개시스템이 필요할 경우 더 많은 비용이 소요된다. 따라서 미국, 일본 등의 생물학자와 기술자들은 부체(浮體, Floating platforms)를 건조하여 수생식물을 식재, 수표면에서 습지의 역할을 하는 방안을 고안하였다. 이 공법은 수질개선효과 이외에 새와 어류의 서식처, 호수의 경관개선, 호안의 침식방지 등의 부가적인 효과가 있다.

## 1)

인공식물섬에서 가장 중요한 것은 식재식물이 물속에 잠기지 않고 뜨게 할 수 있는 부체(floating platforms)이다. 부체는 목재틀과 스티로폴로 구성하였으며, 순수 식물재배면적이  $16\text{ m}^2(4\text{ m} \times 4\text{ m})$ 이 되도록 하였다. 목재틀의 재료는 물속에서 부식방지와 내구성을 고려하여 열대지방에서 자생하는 아피통(apitong)목재를 이용하였는데, 나무색은 담적갈색이며, 내구성이 뛰어나고 비중은  $0.58 \sim 0.94$ 이다. 목재틀의 구조는 그 위에 사람이 올라가서 식물의 생육상태를 관찰하고 유지관리 할 수 있는 구조로 하였다. 목재틀, 식재된 식물, 각종 부속자재의 하중 및 사람의 하중을 지지할 수 있도록 스티로폴( $0.6\text{ m} \times 0.9\text{ m} \times 0.6\text{ m}$ ) 8개를 목재틀에 부착하여 한 개의 부체를 구성하였다. 수생식물의 뿌리 및 지상부를 지지하기 위하여 사각형의 부체안에 PVC 파이프를 가로·세로 방향으로 각각  $40\text{ cm}$  간격으로 설치하고 그 위에 어망을 포설하였다. PVC파이프 속에 나일론 줄을 넣고 나일론 줄의 양쪽을 목재틀에 고정시켰다. 10개의 부체를 세로 2개, 가로 5개가 되게 첼밴드로 서로 연결하여 1조의 인공식물섬을 구성하고, 한 종류의 식물을 식재하였다. 인공식물섬은 총 3개조를 설치하였다.



4.

## 2)

식재식물로는 마산저수지 주변에 자생하는 애기부들, 줄, 갈대 등의 다년초를 선정하였다. 식물들은 포장에서 씨앗으로부터 발아되어 포트에서 재배된 것을 이용하였다. 식물의 식재는 비닐포트를 제거하고 토양의 유실방지와 뿌리의 퍼짐을 유도하기 위하여 마포트에 넣어 매트에 고정하였다. 매트는 야자섬유로 제작된 것으로 뿌리를 고정시켜 파랑이나 바람에 의해 식물이 넘어지지 않도록 지지하는 기능을 한다. 매트의 가장자리는 PVC파이프에 고정하여 파랑에 의해 식물매트 전체가 움직이지 않도록 하였다. 식물의 식재시기는 1998년 6월 24일이며, 식물종류별로 4×4m의 부채 10개에 25×25cm 간격으로 식재하였다. 또한 2000년 5월 25일에 손상된 부들 및 줄식재섬을 수리하고 손상 및 유실된 식물을 보식하였는데, 인공식물섬에 부적절한 식물로 판명된 부들을 제외한 줄, 갈대, 달뿌리풀을 중심으로 추가 식재하였다.

## 3)

가.

2001년 BOD, SS, Chl-a, T-N, T-P 등의 항목에서 인공식물섬으로 인한 감소효과를 다소 관찰할 수 있었는데, BOD가 19.1%로 가장 높은 제거효과를 보여주었고, 질산성질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ )를 비롯한 총질소가 12.5%로 비교적 높았으며, 나머지 SS, Chl-a 및 T-P는 6% 이내의 낮은 제거효과를 보였다.

인공식물섬아래 저층 퇴적물의 특성비교를 통해 인공식물섬의 영향을 살펴보면 유기물함량 및 전기전도도는 인공식물섬이 3.28%, 0.30dS/m로 저수지 중앙 4.14%, 0.40dS/m 보다 낮게 나타나 생물 사체의 축적과 동시에 유기물 분해작용 역시 저수지 중앙보다 활발하였다.

호소내에서 인공식물섬이 수질에 미치는 영향은 식물섬 자체로 식물플랑크톤저해 효과를 가지기도 하지만 식물의 근권과 연계되는 다양한 생물반응이 생태계 활성화에너지를 증가시키고 이로 인해 인접한 수권의 물질순환을 가속화시켜 장기적으로 호소수질에 긍정적인 결과를 나타낼 것으로 사료된다.

## 4.

	2001		
			(%)
BOD(mg/l)	7.7	6.4	19.1
COD(mg/l)	12.2	12.5	-2.5
SS(mg/l)	18.6	17.2	6.0
Chl - a(mg/m <sup>3</sup> )	72	91.6	4.4
T - N(mg/l)	1.774	1.831	12.5
T - P(mg/l)	0.164	0.185	1.7

2001년 인공식물섬의 연간생산량은 946kg DM/년, N흡수량은 10.27kg N/년, P흡수량 1.03 kgP/년으로 나타나 2000년에 비해 증가되었다.

대부분의 시기에서 저수지 중앙보다 인공식물섬에서의 총균수 및 종속영양세균수의 분포도가 높으므로 인공식물섬에서의 미생물에 의한 유기물질 분해 활성도가 높음을 보여주었다. 인공식물섬의 동식물플랑크톤에 미치는 효과를 저수지중앙과 비교 분석한 결과 식물플랑크톤은 인공식물섬에 의해 저해되어 감소하였으며, 동물플랑크톤 역시 감소하여 나타나므로 녹조(algal bloom) 저감효과 있었다.

저수지 중앙과 비교하여 7월에는 수심별 변화가 적었으며, 11월에는 표층에서 저층보다 더 높은 활성을 보이고 있어 사멸되어가는 식물사체의 활발한 분해가 이루어지고 있음을 짐작케 하였다.

#### . Biomanipulation( )

인공식물섬조성 이후 어류 및 조류의 수가 증가하였으며, 경관조성효과도 있다. 인공식물섬의 근권은 치어들의 생육 및 은신처로 작용하여 마산저수지의 어류수를 증가시키며, 또한 어류 등을 먹이원으로 하고 식물섬을 중간휴식처로 사용하는 조류들의 서식환경이 좋아짐에 따라 조류의 다양성 및 풍부도가 증가하였다. 또한 인공식물섬 식물들 사이에는 참개구리, 무자치 등의 양서·파충류가 서식하고, 주위에는 잠자리류의 곤충이 많이 날아들어 새로운 생태계를 형성하였고, 이는 수질개선에 긍정적으로 작용할 것으로 판단된다.

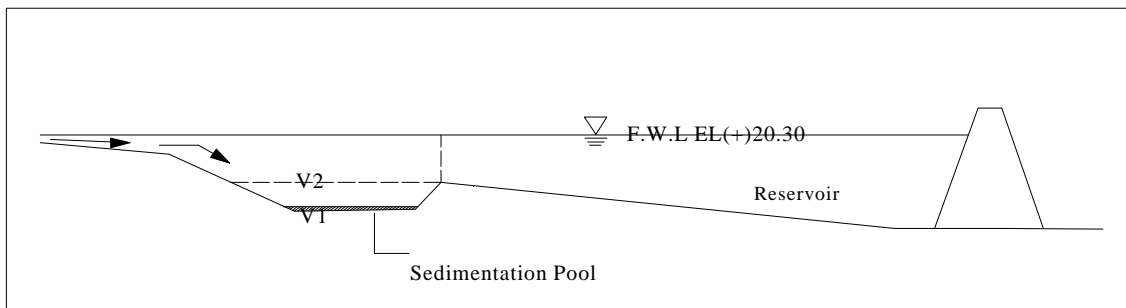


### 3.

저수지의 수질개선공법중 저류보, 부댐, 저류지 등은 호소 유입부에 강우시 초기 유출 등 오락부하가 많은 유입하천수를 일시저류하여 유속의 저하 등에 의해 자연중력 침전을 촉진시켜 고액분리를 하여 상등수는 방류하는 방법으로 일반적으로 우천시에 입자성 성분의 비율이 높은 인, COD 등에 관해 유효한 시설이다(田中廣明, 1998).

#### 1)

저수지의 유입부가 깊게 준설된 지역을 저류지라 정의하고, 저류지가 저수지 수질개선에 미치는 영향을 파악하기 위하여 마산저수지의 유입부를 깊게 준설하여 저수위일 경우에는 유입부와 저수지 중앙부가 분리되게 하였다. 마산저수지는 1996~1997년에 준설하였는데, 저수지의 유입부는 만수시를 기준으로 유입부는 수심 6.8m까지 준설하였으며, 그 하류는 자연적 지형으로 두어 저수지의 수위가 만수위에서 3m 이하로 떨어질 경우는 저수지의 유입부는 저류지와 같은 형상을 갖게 된다. 저류지의 준설면적은 14ha이고, 준설량(저류지 용량)은 174,000m<sup>3</sup>이며, 저류지에서 만수면까지의 용적은 559,000m<sup>3</sup>이다. 연평균 유입량과 최대홍수량을 기준으로 저류지의 체류시간을 계산하면 각각 442hr, 1.9hr이 된다.



#### 5.

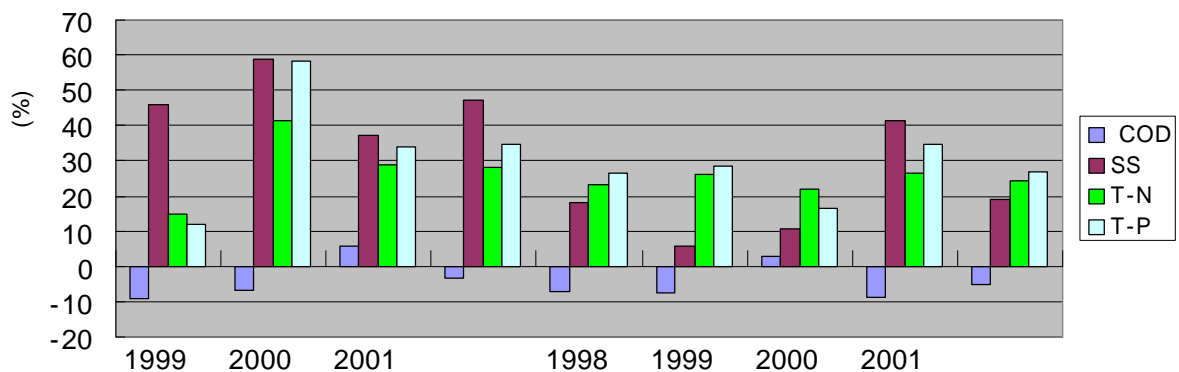
#### 2)

가.

저수지 유입부가 깊게 준설되어 저류지의 역할을 하는 것으로 판단되어 5일간의 선행강우량이 100mm이상인 경우를 강우시, 이하인 경우를 비강우시로 취급하고 수질개선 효과를 분석하였다.

저류지의 수질정화효과는 평시보다 강우시에 더 높은 효과를 보여주고 있다. 2001년 평시환경의 수질정화효과는 BOD가 평균정화효율 10.4%, 최고 21.4%, SS는 평균 37.1%, 최고 58.7%, Chl.a 14.2%, 최고 18.8%, T-N 평균 28.9%, 62.1%, T-P 평균 33.8% , 최고 72%로 나타났다. 강우시의 저감효과는 SS 41.5%, T-N 26.5%, T-P 34.9%로 높은 효과를 보였으며, 저류지내에 침전된 물질제거가 미생물 및 식물플랑크톤에 의한 생물순환과정으로 이루어지고 있으므로 이로 인한 유기물질 생산으로 COD농도는 다소 증가하여 효율이 (-)값을 나타냈다.

저류지 저질의 화학적 성분은 유기물 3.3~4.5%, T-N 2,134~3,035mg/kg, T-P 1,379mg/kg이며, 저수지 중앙부에서는 유기물 3.2~3.7%, T-N 2,006~2,701mg/kg, T-P 1,051mg/kg으로 나타났다. 이러한 화학성분의 차이는 유역에서 유입된 미세한 오염물질이 저류지에 많이 침전되어 나타난 현상으로 판단된다. 또한 저류지와 저수지 중앙부의 수질 차이의 비율은 COD의 경우 -6.3%이나 T-N과 T-P는 각각 28.3%, 44.8%를 나타내 저류지 조성에 의한 수질개선효과가 있는 것으로 나타났다. 저류지 저층 퇴적물의 이화학적 특성은 저수지 중앙과 비교하여 유효인산의 농도가 높으며, 유기물함량과 전기전도도가 낮게 나타났는데, 이는 저류지의 퇴적층이 인의 sink 역할과 활발한 유기물분해능을 동시에 가지고 있음을 보여주고 있으며, 대부분의 시기에서 저수지 중앙보다 저류지에서 총균수 및 중속영양세균수의 분포도가 높으므로 저류지에서의 미생물에 의한 유기물질 분해 활성도가 높음을 보여주고 있다.



대부분의 시기에서 저수지 중앙보다 저류지에서 총균수 및 종속영양세균수의 분포도가 높으므로 저류지에서의 미생물에 의한 유기물질 분해 활성도가 높음을 보여 주는데, 강우 영향으로 오염물질이 다량 유입된 9월에는 전층에서, 조류발생이 큰 10월에는 표층에서, 수층이 안정화된 12월에는 저층에서 높은 활성을 보였다.

저류지에서 동식물플랑크톤개체수는 저수지중앙보다 훨씬 높고, 윤층류가 우점하여 저류지의 오염영양상태가 저수지내에서 가장 높음을 보였다.

#### 4.

습지는 동식물의 서식지, 홍수량 조절의 기능을 하며, 물리적, 화학적, 생물학적 작용에 의해 수질을 정화하고 있다. 특히 갈대, 줄, 애기부들등 수생식물이 자생하는 습지에서는 수생식물의 스크린 효과에 의해 상류로부터 유입된 오폐수를 일시적으로 저장하여 유입된 부유물질을 침전·제거시키고, 수생식물의 체내로 N, P의 흡수, 수생식물 몸체에 부착된 미생물과의 접촉에 의해 유기물이나 영양염류를 흡수·분해한다. 시험사업에서는 이와 같이 수생식물이 자생하면서 수질을 정화할 수 있는 기능을 가진 습지를 “수질정화습지”로 정의하였다(농림부, 1997).

##### 1)

수질정화습지는 ①농경배수의 호내 직접유입방지, ②농경배수의 농도변화와 수생 식물의 정화효과 파악, ③농경배수 처리를 위한 산화지의 적정규모를 파악하기 위하여 선정하였다. 수질정화습지는 저수지 상부유역에 위치하고 있으며, 처음에는 저수지의 일부였으나, 계속되는 퇴적의 영향으로 주변 농경지와 거의 같은 높이의 습지로 변화되었고 대부분의 지역은 이미 농경지로 사용되고 있어 농약 및 비료사용에 따른 농경배수가 그대로 저수지로 유입되어 수질에 영향을 미치고 있는 실정이었다. 수질정화습지는 초사천과 황산천 사이의 논 아랫부분의 저수지 홍수터 말단 5,500㎡의 부지를 확보하여 조성하였다. 직접 유입되는 농경배수의 효과적인 처리와 저수지의 수질보전을 위해 농경배수를 수질정화습지로 유도하기 위하여 유입배수로를 설치하였다. 유입배수로는 500×450m/m 크기의 조립식 구조물을 설치하였으며, 연장은 좌측 116m, 우측 104m로 전체 220m이다.

자연형 수질정화습지의 운영 및 정화특성에 관한 연구결과들을 바탕으로 5차년도인

2001년도에는 4차년도에서 문제제기 되었던 수심 및 저수지 수위에 관련되는 사항들을 고려하여 5월 중순에 습지내 수심을 조정하는 공사를 수행하여 습지로서의 기능을 향상시켰다. 수질정화습지에는 대부분 줄과 갈대가 자라고, 부분적으로 애기부들이 자생하고 있다.

## 2)

2001년 평시환경의 정화효율은 BOD, SS, Chl-a가 평균 30.0%, 50.6%, 29.9%로 높았으며, 총질소는 중류에서 29.7%, 하류에서 28.9%로, 총인의 경우 중류에서 19.2%, 하류로 갈수록 재용출이 이루어져, -53.5%의 낮은 효율을 보였다. 강우시의 정화효율은 COD 46.4%, SS 42.1 %, T-N 56.0%, T-P -2.6%로 COD, T-N의 제거효과가 평시보다 우수하였으며, T-P는 평시보다 유출이 낮게 나타났는데, 이는 강우시의 감소효과로 판단된다. 수질정화습지의 총면적은 4,600㎡, 수질정화습지에 생육하는 주요 식물군집은 마름, 줄, 애기부들, 갈대 및 버드나무 군집으로 줄이 600 ㎡, 갈대가 1900 ㎡, 애기부들이 550㎡를 차지하고 있고, 연간 식물생산량은 4,692 kg DM/년, 질소 흡수량 48.02 kg N/년, 인 흡수량 5.95 kgP/년으로 나타나고 있으며, 자연화도를 판단할수 있는 종다양도지수와 종균등도지수는 상류에서 각각 2.20, 0.92, 중류에서 2.18, 0.91로 상류에서 다소 높게 나타났다. 수질정화습지에서 미생물학적 정화효과는 총세균수와 유기물분해성 종속영양 세균수는 마산저수지 지구에서 다른 수질정화시설에 비해 그 분포가 가장 높아 물질생산과 분해가 활발한 습지의 일반특성과 같이 미생물에 의한 유기물질 분해도 역시 높음을 알 수 있었고, 시기적으로 7월에 가장 세균수가 높게 나타났고, 유입부에서 특히 높았으며, 동물플랑크톤 및 어류, 조류 서식처로서의 Biomanipulation(생물조절)효과가 있다.

## 5.

저수지의 수변환경은 저수지의 식물, 동물, 미소생물 등의 생물상의 종다양성 결정에 상당히 중요한 역할을 하고 있으나 농업용수원의 이치수상의 문제를 더중요시하여 이들 수변환경에 대해서는 거의 무시해온 상태이다. 그러나 용수원의 수변환경 및 생물상이 용수원의 수질개선에 많은 영향을 미치고 있음을 인식하고 현재는 저수지의 수변환경을 보호하고 호안 식생대를 복원할 필요성에 공감하고 있다.

## 1)

저수지의 수변환경은 저수지의 식물, 동물, 미소생물 등의 생물상의 종다양성 결정에 상당히 중요한 역할을 하고 있으나, 농업용수원의 이치수상의 문제를 더중요시하여 이들 수변환경에 대해서는 거의 무시해온 상태이다. 그러나 용수원의 수변환경 및 생물상이 용수원의 수질개선에 많은 영향을 미치고 있음을 인식하고 현재는 저수지의 수변환경을 보호하고 호안 식생대를 복원할 필요성에 공감하고 있다.

마산저수지에서 수변은 수위의 변화에 따라 식물군이 대상(띠형태)으로 자생하거나 만수면 이하에서는 갈대, 부들 등 대형수생식물이 잘 자라지 못하고 있는 실정으로 수변식생대를 안정화시키고, 저수지 주변에서 직접적으로 유입되는 오염물질을 차단하여 저수지의 수질개선효과를 향상시키기 위해 호안 식생대를 보호 또는 복원하고자 하였다. 마산저수지의 우안인 회안리의 유입세천 부위는 경사가 비교적 완만하여 연안대가 발달되어 있다. 저질토는 모래와 마사토로 되어 있으며, 정수식물인 갈대, 애기부들, 줄, 솔방울 고랭이가 우점하고 있으나, 분포면적은 좁게 형성되어 있다. 또한 상부에는 왕버들과 버드나무가 밀생하여 넓은 군락을 이루고 있다. 따라서 이 지역에 생물서식공간(biotope)을 확보하고, 저수지의 경관을 개선시키며, 유입세천의 오염물질의 차단과 저수지의 수질 정화기능을 향상시키기 위해 수생식물대를 조성하였으며, 이 생물서식공간을 호안생물 서식공간이라 정의하였다.

수생식물 조성대는 연안을 따라 폭 10m, 길이 150m로 조성면적은 1,500㎡이다. 호안생물 서식공간에는 저수지의 호안에 자생하는 갈대, 애기부들, 줄, 왕버들과 버드나무 등의 식생대를 보호하고 수생식물대를 넓히기 위해 호안에 석축을 쌓고 주변의 흙으로 성토를 한 후 수생식물을 식재하였다.

## 2)

호안생물서식공간에서 총 93종의 식물이 출현하였으며, 그 중 70종의 육상 식물이 출현하였으며, 개구리자리, 고마리 등 습생식물 16종, 갈대, 미나리, 애기부들, 창포 등 정수식물 4종, 수염가래꽃 등 부엽식물 1종, 개구리밥, 좁개구리밥 등 부수식물 2종 등이 출현하였다.

어류는 4종, 양서류 3종 및 조류 14종 등 총 21종이 확인되어 마산저수지 주변 다른 지점에 비해 가장 생물상이 풍부한 것으로 확인되었다. 호안생물서식공간의 석축과 성토에

의해 기존 수생식물대가 확대되는 효과가 있고, 수변 생물상의 안정화로 호소내 조류의 주요 서식처가 이용되고 있으며, 서식 개체수가 매년 증가하는 추세를 보이고 있었다.

## 5.

Site		( )		( )
호안생물 서식공간	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 어류 4종</li> <li>- 양서류 3종</li> <li>- 조류 14종</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 치리</li> <li>- 청개구리</li> <li>- 까치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 치리</li> <li>- 해오라기</li> <li>- 흰뺨검둥오리</li> </ul>	총 21종

## 6.

각 시설별 유지관리 특성 및 주요방안을 보면 Bio-Park에서는 자연습지보다 우점 식물 이외에 혼생하는 식물의 생물량이 많았으며, 식물의 도복방지와 2차생장유도를 위한 중간 절취방안은 식물의 중요도를 감소시키기는 하나 수질개선측면에서는 유효한 것으로 나타났다. 수질정화습지는 저수지와 수체구분과 습지내 수심을 다양하게 조성하여 수질정화와 함께 생물서식공간으로 활용하고 부가적인 효과(Biomanipulation)를 증가시킬수 있는 자연화 방안이 중요한 것으로 판단된다. 인공식물섬은 식재식물의 선정 및 식재시기 등이 주요한 변수로 작용하나 호소내 유선행위 및 낚시, 태풍 등의 강풍 등에 의한 파손이 우려되므로 시설설치시 고려하여야 한다. 저류지는 유역으로부터 유입되는 토사의 퇴적으로 인한 준설계획이 수립되어야한다. 호안생물서식공간은 수생식물을 보식하고 수위를 조절하는 방안 검토(deep zone 형성 등)와 생물조절을 통한 수질개선에 중요한 재자연화 방안 수립이 필요하다.

오염된 농업용 저수지의 수질을 개선하기 위해 대표적 자연정화공법을 충남 아산시 마산저수지에 적용하여 정화특성 및 현장적용성 등을 조사, 연구하였다.

전형적인 인공습지시스템인 Bio-Park은 식물별 배열과 수심, 체류시간을 달리하여 각 식물의 수질정화특성 및 생장특성, 인공습지시스템에 관한 최적유지관리방안을 모색 하였

다. 식재 식물별 평균수질정화효율은 BOD 6.8~44.1%, SS 15.9~46.1%, TN 12.5~24.3%, TP 9.9~21.8%, Chl.a 14.0~42.8%로 COD와 SS, Chl.a 등 유기물질의 정화효율이 우수하였으며, 단위면적당 제거량은 BOD 2.1~17.6g/m<sup>2</sup>/day, SS는 10.66~52.23g/m<sup>2</sup>/day, TN 0.91~1.75g/m<sup>2</sup>/day, TP 0.06~0.14g/m<sup>2</sup>/day, Chl.a 37.36~149.7mg/m<sup>2</sup>/day로 SS와 Chl.a의 제거량이 높았다.

인공습지와 자연형 습지의 중간적 특성을 보이는 자연형 수질정화습지의 평시환경 정화효율은 BOD, SS, Chl.a 평균 30.0%, 50.6%, 29.9%이었으며, 강우시 정화효율은 COD 46.4%, SS 42.1%, TN 56.0%, TP -2.6% 로 COD, TN의 제거효과가 평시보다 우수한 반면, TP는 평시보다 유출이 낮게 나타나 강우시 정화효과가 더 높은 것으로 판단된다. 수질정화습지에서 미생물학적 정화효과는 총세균수와 유기물분해성 종속영양세균수가 다른 정화시설에 비해 그 분포가 높아 물질생산과 분해가 활발한 습지의 일반특성과 같이 미생물에 의한 유기물질 분해도 역시 높고, 동물플랑크톤 및 어류, 조류 서식처로서의 Biomanipulation(생물조절)효과가 있음을 확인하였다.

저수지 수표면에 적용하는 인공식물섬의 식물에 의한 연간생산량은 946kg DM/년, N흡수량은 10.27kg N/년, P흡수량 1.03 kgP/년이었으며, BOD, SS, Chl.a, TN, TP 등의 항목에서 수질감소효과를 다소 관찰할 수 있었는데, BOD가 19.1%, 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N) 등 총질소가 12.5%로 비교적 높은 효과를 보여주었다. 인공식물섬은 그 자체로 식물 플랑크톤에 대한 저해 효과를 가지기도 하지만 식물의 근권과 연계되는 다양한 생물반응이 생태계 활성화에너지를 증가시키고 이로 인해 인접한 수권의 물질순환을 가속화시켜 장기적으로 호소수질에 긍정적인 결과를 나타내지 않나 사료되어지며, 인공식물섬 조성이후 어류 및 조류의 수 증가, 경관조성효과 등의 Biomanipulation(생물조절)효과를 가지고 있음을 알 수 있었다.

저수지 유입부에 설치하여 부유물질의 침강, 분해효과를 보이는 저류지의 평시환경의 수질정화효과는 BOD가 평균 10.4%, 최고 21.4%, SS 평균 37.1%, 최고 58.7%, Chl.a 평균 14.2%, 최고 18.8%, TN 평균 28.9%, 최고 62.1%, TP 평균 33.8%, 최고 72%로, 강우연속 수질조사 결과 저감효과는 SS 41.5%, TN 26.5%, TP 34.9%로 높은 효과를 보였다.

인위적인 호안정비가 이루어진 저수지에서 생물서식공간 형성으로 인한 생태복원 효과를 검토하기 위한 호안생물서식공간조성 연구 결과, 조성 4년 후인 2001년 현재 93종의 식물이 출현하여 연안대와 육상이 연결된 식생을 보이고 있어 바이오파크나 인공식물섬에 비해 출현종수가 높은 다양성을 보였다. 갈대, 줄, 버드나무 등이 높은 중요치를 나타내고 있으며, 기존 수생식물대의 확대와 수변 생물상의 안정화로 조류의 주요 서식처로 활용,

서식 개체수가 매년 증가하는 추세를 보여주고 있다.

또한 각 시설별 유지관리 특성 및 주요방안을 문제점 및 개선방향 등으로 구분하여 정리 요약함으로써, 향후 자연정화시설의 유지관리에 참고하고자 하였다. Bio-Park은 식물의 선택적 관리, 도복방지와 중간절취방안에 대하여, 수질정화습지는 수체구분과 생물서식공간으로의 활용 등 자연화 방안, 인공식물섬은 식물선정 및 식재시기, 시설파손 등의 유지관리에 관하여, 저류지는 토사퇴적으로 인한 준설계획수립, 호안생물서식공간은 수위조절 방안검토와 재자연화 방안 등이 중요하게 나타났으며, 이에 관한 대처방안을 연차별 검토로 분석중에 있다. 1997년부터 시작하여 2004년까지 계획되어 있는 농업용수 수질개선사업의 연구는 그동안의 연구 결과 및 유지관리상의 문제점 등을 깊이 검토하고 즉시 활용하며, 기존연구 결과를 바탕으로 향후 연구계획을 수립하고 끊임없는 시도를 통해 다양한 사업계획 기초자료를 생산하여 농업용수 수질개선사업 및 유사한 수질정화사업 등에 참고자료로 적극 활용하고자 한다.



# 3



( )

.	/ 267
.	/ 268
.	/ 275
.	/ 281
.	/ 282
.	/ 291
.	/ 292



( )

우리나라에서 수질측정이 정기적으로 이루어지는 측정망이 운영되기 시작한 것은 환경보전법이 제정된 1970년대 후반이다. '80년대에는 환경부(당시 환경청)와 시도 보건환경연구원 그리고 한국수자원공사 등에서 측정 목적을 달리하면서 별도의 위치에서 정기적 또는 부정기적 수질측정을 실시하였다. 이러한 분산된 측정망 운영으로 측정 위치 및 횟수 그리고 수질자료 관리 등 여러 가지 어려움이 많았다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 정부에서는 1992년 여러 기관에서 독자적으로 운영해 온 수질측정망을 통합운영하고 중복조사지점과 측정기관을 일원화하였다.

그 후 수질오염이 우려되는 지역이 확대되면서 1993년에 1,348개이던 수질측정지점이 1997년에는 1,445개 지점, 2002년에는 1,844개 지점으로 확충 운영되고 있다. 그러나 이러한 수질측정망 확대 과정은 정해진 측정목적에 따른 체계적 설계 방법에 기초한 것이라기 보다 수질 악화로 인한 관리의 필요성 증대에 따른 경험적인 차원에서 이루어졌다. 따라서 현재 운영되고 있는 측정망은 수계 관리에서 필요한 모든 정보를 효율적으로 생산해내기에는 많은 어려움이 있다.

뿐만 아니라 최근 오염총량관리제도, 유역통합관리제도, 물관리 정보화 등과 같은 새로운 제도와 기술의 도입으로 인하여 이를 원활하게 지원하기 위해서는 보다 합리적인 측정망이 필요하다. 특히 오염총량관리제도는 단위 배수구역으로부터 배출되는 오염물질을 정량적으로 산정하고 대상 수계에 적절한 수질모델을 적용할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 현재 분산 수집되고 있는 수질과 수량이 통합되어야 하고 측정 항목과 횟수 등이 물질수지원리에 기초한 수질모델 적용에 적합하도록 조정되어야 한다.

본 연구에서 대상 수계의 수질을 적절히 규명해야 하는 측정망 본래의 목적에 현재 새롭게 도입되는 물관리 제도와 기술의 원활한 지원이 가능한 측정망을 설계하는 지침을 제

시하고자 한다. 수질측정망 설계에 요구되는 기본 원리와 해외 사례 등을 조사하였으며, 한강 수계를 대상으로 측정망의 현황과 문제점을 분석하였다. 또한 현재 운영되고 있는 측정망의 문제점을 개선하기 위한 새로운 설계 지침을 적용하는 과정을 설명하였다.

.

## 1.

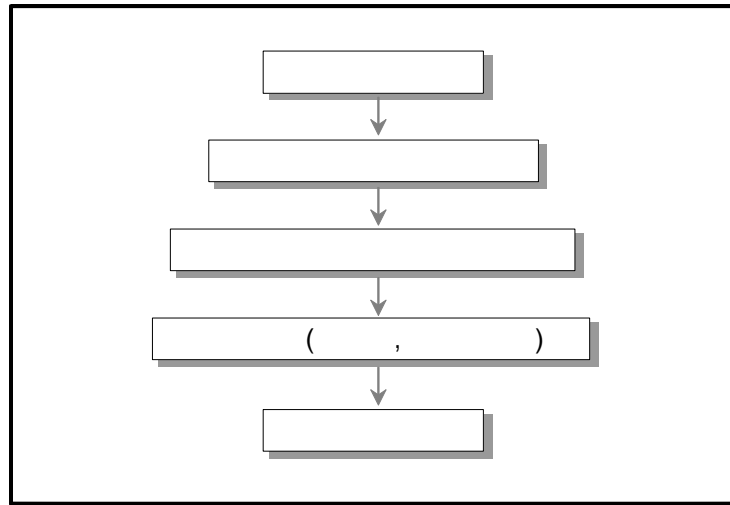
수질측정망의 설계 방향은 측정망의 목적에 의해 결정된다. 지금까지 사용해온 수질측정망의 일반적인 목적은 다음과 구분될 수 있다(Lettenmaire, 1979; Liebertrau, 1979).

- 1) 장기 및 단기적인 수질 시변화 경향을 파악하기 위한 측정망
- 2) 수역별로 지정된 수질환경기준의 위반 사항을 찾아내기 위한 측정망
- 3) 수계내 수질의 변화를 야기하는 외부 영향을 찾아내기 위한 측정망
- 4) 상수원수나 특정 용도 목적의 용수이용을 지원하기 위한 측정망
- 5) 특정시기에 집중조사를 통하여 수질변화를 규명하기 위한 측정망

여기에 최근 국내 및 국외에서 시도되고 있는 새로운 물관리 제도와 기술을 고려하면 다음 몇 가지 목적을 추가할 수 있다.

- 6) 오염총량관리제 시행으로 인한 배수구역별 오염부하량을 산정하기 위한 측정망
- 7) 오염총량관리제를 지원하고 과학적인 수질정책 수립에 필요한 수질모델 적용을 위한 측정망
- 8) 물관리정보화에 필요한 측정망

위에서 제시된 여러 가지 목적에 따라 설정된 측정지점은 많은 경우 중복된다. 따라서, 대상 수계에 측정망을 설계하기 위해서는 각각의 목적에 부합되는 측정지점 선정 기준을 만들고, 그 기준에 따라 지점을 설정하고 지도 중첩법으로 최종 측정망을 결정한다(그림 1).



1.

2.

측정망의 목적을 달성하기 위해서는 먼저 측정지점 선정기준이 필요하며, 선정기준에 따라 측정위치, 측정항목, 측정횟수 등이 달라진다. 각 기준에 따라 선정된 지점은 많은 경우 중복되기 때문에 지도 중첩법으로 최종 지점을 결정하여야 한다(그림 2). 앞에서 제시된 각각의 측정목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 기준을 적용할 수 있다.

1)

목적 1)과 8)은 각 지천이나 소수계를 대표할 수 있는 지점이 선정될 것이다. 이 경우 측정항목은 수질만으로 한정된다.

2)

목적 2)과 같은 경우는 대상 수계 내에서 수질이 가장 나쁜 구간에 적용된다. 이 경우 측정항목은 수질만으로 한정된다.

3)

목적 3)의 경우 수계 내 위치한 점 및 비점오염원을 상시 감시할 수 있는 지점이 선정될 것이다. 경우에 따라서는 수량 측정도 필요하겠으나 수질 측정만으로 목적을 달성할 수 있다.

4)

정수장이나 기타 물이용 취수 지점을 중심으로 수질을 측정하며 목적 4)가 여기에 해당된다. 이 경우 측정항목은 수질로 한정된다.

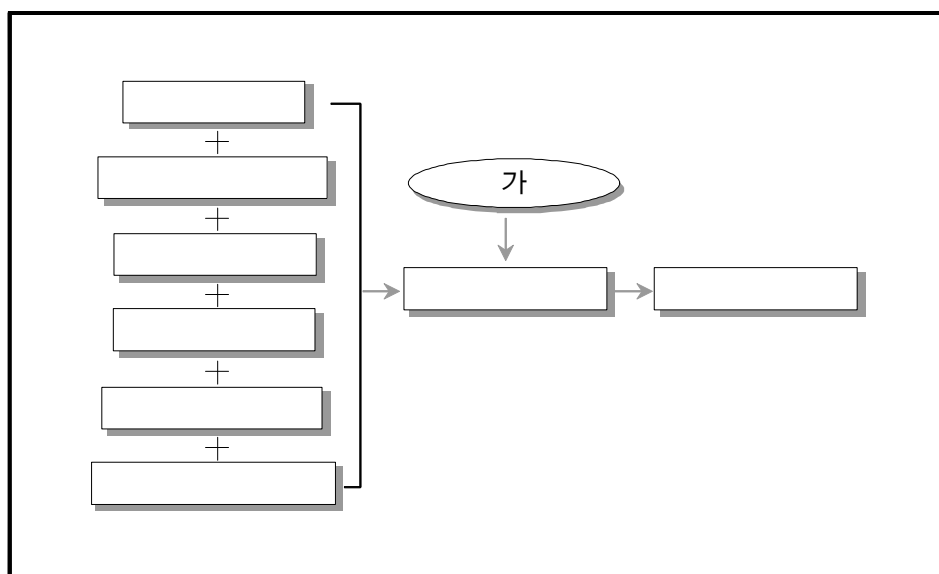
5)

하천이나 호수와 같이 자연 수체에서 일어나는 수질변화를 정량적으로 규명하기 위한 것으로 목적 5)와 7)의 여기에 해당된다. 이 경우에 해당하는 측정지점은 수체내 물질수지에 필요한 경우 반드시 수질과 수량을 함께 측정해야 한다.

6)

오염총량관리제 시행을 위하여 배수구역별 오염부하량을 산정하는 경우이며 목적 6)이 여기에 해당된다. 여기에 해당하는 모든 지점은 수량과 수질을 함께 측정해야 한다.

이러한 이 기준에 따라 측정 지점을 선정하며, 자동측정망을 설치하는 경우를 제외하고 모든 측정 지점은 접근이 용이하여야 한다. 예를 들어 하천에 설치된 교량은 대상 수체에 대한 좋은 접근 방법을 제공한다. 뿐만 아니라 실험실과의 거리 및 측정지점의 안전성 등이 고려되어야 한다.



2.

### 3.

측정 지점을 선정할 때 고려되어야 할 사항에 따라 적용하는 방법이 다르며 일반적으로 사용하는 방법은 다음과 같다.

#### 1)

대상 수계의 장단기 경향이나 수질기준치 위반 여부 그리고 물관리 정보화 등에 사용되는 수질자료는 수계의 대표성이 가장 중요하게 고려되어야 한다. 대상 수계의 대표성을 적절히 표현해 주는 측정지점을 선정하는데 일반적으로 널리 사용되는 것은 Sanders(1980) 방법으로 다음 세 단계의 설계기준에 따른다.

첫 번째 단계는 대략적 위치(macro-location)의 선정으로 전체 하천 유역 내에서 측정망이 배치되어야 할 대략적이 하천 구간을 선정하는 것이고, 두 번째 단계는 세부 측정위치(micro-location)의 선정으로 첫 번째 단계에서 선정된 하천 구간 내에서 측정망의 구체적 위치를 결정하는 것이다. 첫 번째 단계는 수질측정의 목적에 대한 함수이며, 반면 두 번째 단계에서의 위치 선정은 하천의 수리적 특성에 대한 함수이다. 마지막 세 번째 단계는 대표지점의 선정(representative location)으로 두 번째 단계에서 선정된 측정위치에서의 횡단면에서 시료를 채취하여야 할 지점을 선정하는 것이다.

Sanders(1980)는 기존 연구들을 바탕으로 장기 수질 경향 조사를 위한 수질측정지점에 대한 대략적 위치의 선정 방법을 제시하였다.

첫 번째 방법은 전체 하천망(Stream Network)을 비교적 동일한 지류의 수를 갖는 구역으로 세분화하는 Sharp(1971)의 방법에 기초한다. 이 방법은 처음에는 수질 변화에 영향을 미치는 오염원을 검출하기 위한 수질측정망 설계시 사용되도록 고안되어졌으며, 여기서 하나의 지류는 하나의 오염원의 의미를 갖는다. 우선 전체 하천망에서 유입지류가 없는 지류는 차수 1의 값을 갖게 되며, 지류의 합류 부분에서는 상류에 위치한 지류의 차수를 더한 값의 차수를 갖게 된다. 이러한 방식으로 하천의 차수는 상류에서 하류 방향으로 누적되게 되며, 대상 하천의 하구 부분에서는 최대 차수 값을 갖게 된다. 즉 최대 차수 값은 전체 하천망 내 총 지류의 수에 해당한다. 1차 우선순위를 갖는 측정지점이 위치하게 되는 유역의 1차 중심(centroid)은 식 (1)에 의해 계산된 값과 가장 근접한 차수를 갖는 지점에 위치한다.

$$M_1 = \left[ \frac{N_o + 1}{2} \right] \dots\dots\dots (1)$$

여기서,  $M_1$ 은 1차 중심 차수,  $N_0$ 는 최대 누적 차수이며, 대괄호는 정수화를 의미한다. 1차 중심에 의해 전체 대상 수계는 상류와 하류 부분으로 구분되게 되며, 두 부분 중 상류 부분에 위치하는 2차 중심  $M_2$ 는 식 (2)에 의해 계산된다.

$$M_{i+1} = \left[ \frac{M_i + 1}{2} \right] \dots\dots\dots (2)$$

여기서,  $M_i$ 는  $i$ 번째 중심 차수이다. 반면 하류부분에 대해서는 1차 중심을 최상류로 하여 새로운 차수가 부여되게 된다. 하류 부분에 위치하는 2차 중심은 새로 부여된 차수에 대해 식 (1)과 같은 방법으로 계산된다. 또는 기존에 부여된 차수에 대해 다음에 제시한 식 (3)과 식 (4)에 의해 계산된다.

$$M'_i = \left[ \frac{M_d - M_u + 1}{2} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$M''_i = \left[ \frac{M_i + 1}{2} \right] \dots\dots\dots (4)$$

여기서,  $M'_i$ 와  $M''_i$ 는 대체 가능한  $i$ 번째 중심 차수,  $M_d$ 는 2단계 이전의 중심 차수(또는 최대누적차수) 그리고  $M_u$ 는 전 단계의 중심차수이다. 이 세 가지 식들에 의해 계산된 2차 중심 차수를 바탕으로 1차 중심에 의해 구분된 하류 부분에서 2차 우선순위를 갖는 측정지점의 위치가 결정되게 된다. 이러한 방식으로 계속 진행시키면 측정지점의 위치가 기하 급수적으로 증가하게 되며, 설계된 측정지점의 개수에 도달할 때까지 반복한다. 즉 이 방법은 정해진 우선순위에 따라 가용자원의 적정한 정도를 고려해서 측정망을 배치해 나갈 수 있는 특성을 지닌다. 두 번째 방법은 차수 대신 하천망에 오염물질을 배출시키는 배출구의 수를 이용하며, 세 번째 방법은 각 배출구로부터의 BOD 부하량 측정값이 이용된다.

수질측정망의 목적에 따라 수질측정지점의 대략적 위치가 결정된 후에는 결정된 하천 구간을 대표할 수 있는 세부 측정위치가 결정되어야 한다. 세부측정위치는 해당 구간 중 횡단면에서의 수질이 동일한 즉, 완전 혼합이 이루어지는 지점이어야 한다. 완전혼합구간이 없는 경우에는 어느 한 위치를 선정하고 그 위치에서의 측정치를 대표값으로 가정한다. 또한 측정위치에서 채수지점을 정할 때는 유속의 증가에 따라 흐름방향을 수로화 현상이 존재하고 이에 의해 단면상의 횡방향으로의 오염물 확산이 매우 적기 때문에 한 곳에서만 채수해서는 그 위치의 오염물 농도의 대표치를 구할 수 없는 점을 고려해야 한다. 따라서

단면상의 여러 곳에서 동시에 채수해서 그것을 평균화하여 채수 위치에서 오염물의 농도 값으로 계산하여야 한다.

2)

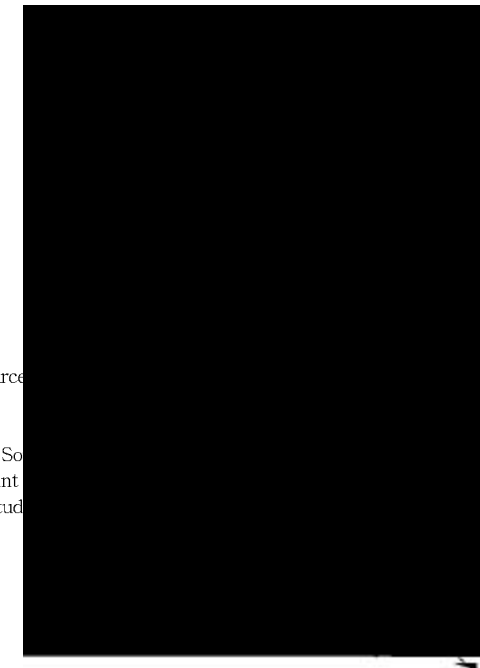
수질환경기준 위반여부, 빈도, 지속시간을 알아보는 것이 수질측정의 목적이 되므로 수질이 가장 악화된 구간을 중심으로 측정위치를 선정하여야 한다. 이때 대상이 되는 수질항목에 대한 수질악화시기를 고려하여 결정할 수 있다. 예를 들어, 우리나라의 경우 용존 산소와 SS는 여름에 악화되고 겨울에 양호하며, BOD는 겨울에 악화되고 여름에 양호한 일반적인 계절별 수질변화과정의 특성을 고려하여 배치한다.

3)

오염원 감시를 위한 수질측정지점은 일반적으로 그림 3에 제시한 바와 같이 점오염원이거나 지천이 유입되는 지점, 그리고 비점오염원이 시작되는 지점과 끝나는 지점으로 정해진다. 하수처리장이나 그 밖의 점오염원은 설정하기보다는 배출자 스스로 측정하여 보고하기 때문에 정부에서 관리하는 수질측정망에서는 제외된다. 따라서 지류와 비점오염원을 위한 지점만 측정망에 포함된다.

Key

1. Upstream Boundary
2. Point Source
3. Upstream of Point Source
4. Mouth of Tributary
5. Upstream of Tributary
6. Upstream of Nonpoint Source
7. Downstream of Nonpoint Source
8. Downstream End of Study Area



3.



## 4)

수질 변화를 정량적으로 규명하기 위해서는 대상 수체로 유입되는 물질에 대하여 물질수지(Mass Balance)와 물수지(Water Balance) 분석이 먼저 이루어져야 한다. 따라서, 수질변화 규명을 위하여 측정망을 설정하기 위해서는 대상 수체의 지형, 수리, 수질반응, 오염원, 그리고 지천 등을 고려하여 측정 지점을 고려하여야 한다. 특히 물질수지와 물수지 분석에 필요한 지점은 수질뿐만 아니라 수량 측정도 반드시 이루어져야 하며, 수질모델을 적용하였을 때 보정과 검증이 용이하도록 설계하여야 한다.

## 5)

물이용 감시를 위한 수질 측정지점은 사고 경보를 위하여 특별한 측정지점을 설정할 수도 있으나 일반적으로 수질 기준치 준수를 위한 측정지점과 대부분 일치한다. 수질기준치는 일반적으로 대상 수체의 물이용과 그곳에 서식하는 토종 생물(Native Species)에 피해가 없는 경우를 가정하여 정해지기 때문에 수질기준치를 만족하는 경우는 물이용에 큰 장애가 되지 않는다. 그러나 수질기준치 준수를 위한 측정지점과 취수지점 사이에 지천이나 기타 오염원이 위치하고 있을 경우 측정지점을 두는 것이 바람직하다.

## 6)

대상 수계 내 물수지 및 물질수지 분석과 오염총량관리제를 실시하기 위해서는 배수구역에 따른 오염부하량과 수량을 측정하는 것이 필요하다. 이 경우 각 배수구역의 유출지점에 측정지점을 지정하여야 하며 수질과 수량을 모두 측정하여야 한다. 오염부하량 산정을 위해 설정되는 측정망은 수질변화 규명을 위해 설정되는 측정망과 대부분 중복된다.

## 4.

요구되는 수질측정횟수는 일반적으로 수질측정망의 목적, 측정 대상 수체의 특성, 수질변이, 분석 항목, 요구되는 자료의 정확성, 시료 채취 장비와 인력의 이용가능성 그리고 실험실 장비 수준 등에 의존한다. 일반적으로 측정횟수를 증가시키면 측정자료의 정확성을 증가시킬 수 있다. 그러나, 측정횟수의 증가는 더 많은 인력, 장비, 시간과 노력 등을 요구하게 되므로 이들의 이용가능성이 사전에 고려되어야 한다.

Pomeroy and Orlob(1967)는 측정횟수를 유역면적과 최대유량에 대한 최저유량의 비에 대

---

한 함수로 정의하였다. 그들은  $1000\text{mi}^2$  이상의 면적을 갖는 유역에서는 적어도 1년에 12번 측정이 이루어져야 하는 반면  $10\text{mi}^2$  정도의 면적을 갖는 유역에서는 일주일에 두 번씩 측정되어야 한다고 제안하였다. 한편 최대 유량에 대한 최저유량의 비가 100이상인 하천에서는 매주 측정이 이루어져야 하며, 이 비가 10이하인 하천에서는 최소한의 감시만이 이루어져도 된다고 제안하였다.

Sanders and Adrian(1978)은 수질의 시계열 자료가 부족할 경우, 직접적인 시계열 분석결과를 통해서 얻어진 결과를 이용하여 수질의 주기적, 순환적 특성을 고려한 수질측정횟수를 결정하는 것이 어렵다는 것을 감안하여 수질자료대신 유량자료를 이용하는 방법을 고안하였다. 관측수가 증가함에 따라 평균값의 신뢰구간은 관측개수의 제곱근에 반비례하는 특성을 가지므로 임의의 일련의 사건들에 대해, 평균의 신뢰구간에 대한 측정횟수(1년간 측정횟수)를 결정할 수 있다. 그러나 불행히도 일별 하천유량을 포함한 대부분의 수문학적 시계열 자료는 확률적(random)인 것이 아니라 서로 상관성이 크고, 비정상적(nonstationary)이므로 표준 통계 분석에 부적절하다. 그러나 상관성과 비정상성을 제거한 후의 데이터는 독립적이고, 동일하게 분포하는 것으로 가정할 수 있으므로 표준 통계분석을 적용할 수 있다. 즉 측정횟수는 확률적 성분의 신뢰구간의 함수로서 유도될 수 있다.

## 5.

수질측정망의 측정 항목은 수질측정망의 목적, 분석장비와 인력의 이용가능성에 의존한다. 수체의 이용 또한 측정항목 결정에 큰 영향을 미친다. 레크레이션 목적으로 사용되는 수체의 경우에는 대장균과 같은 측정이 요구되며, 어업 활동을 위해 사용되는 수체의 경우에는 중금속과 살충제에 대한 측정이 요구된다. 산업시설 또는 발전소로부터 발생하는 냉각수가 유입되는 수체에서는 수온에 대한 정밀한 측정이 요구된다. 한편 용수공급원으로 사용되는 수체의 경우에는 다른 목적으로 사용되는 수체에 비해 더 정밀한 수질측정이 요구된다.

우리나라에서는 “전국 하천 및 호소 등 수질보전대상 공공수역에 대한 수질현황을 종합적으로 파악하여 수질변화 추세를 파악하고 이미 집행된 주요정책 사업의 효과를 분

석하여 장래 수질보전정책수립을 위한 기초자료를 확보(환경부, 2002)”를 위하여 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수 및 도시관류 측정지점으로 구분된 수질측정망을 설치·운영하고 있다. 본 연구에서는 한강수계를 중심으로 이들 측정망의 측정위치, 측정항목, 측정시기 및 빈도, 자료관리 등의 현황과 이들의 문제점에 관한 조사를 수행하였다.

## 1.

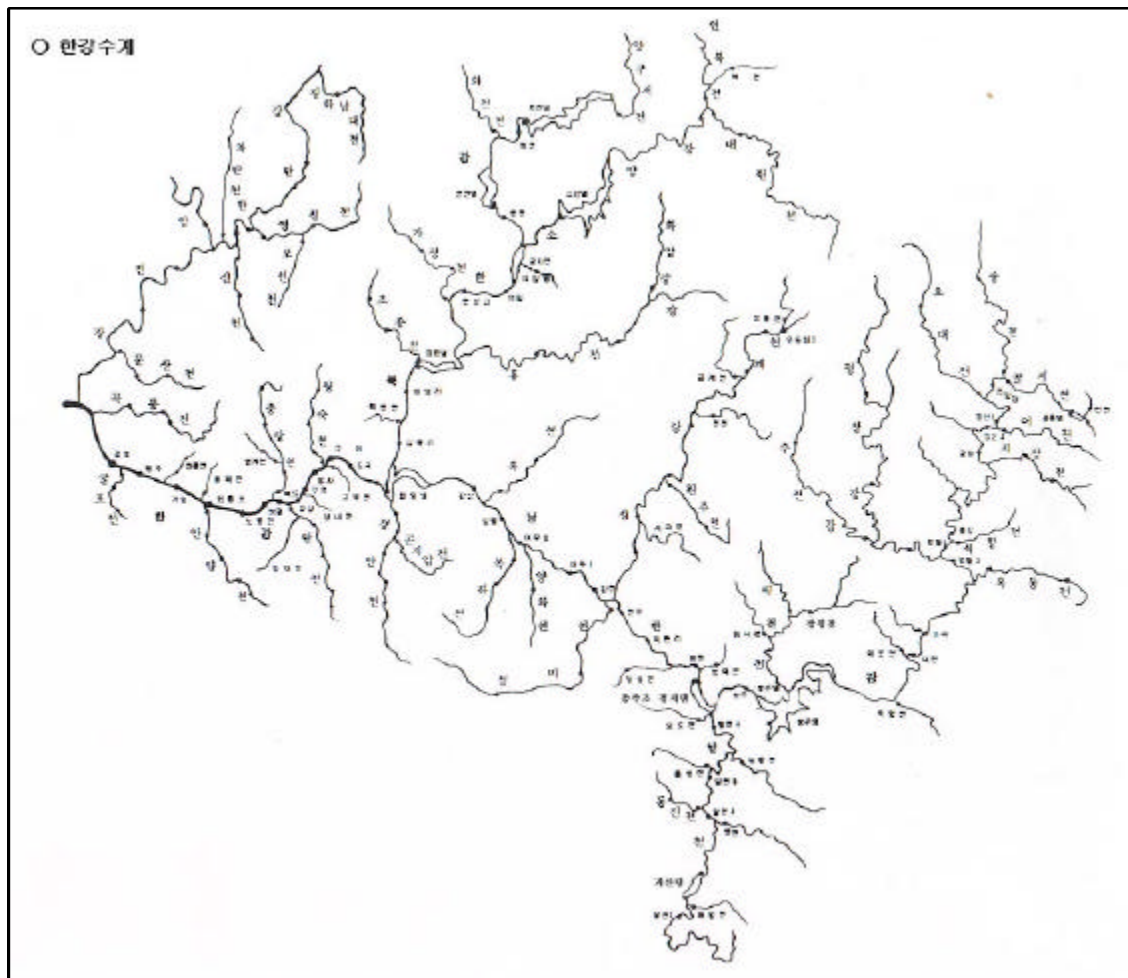
2002년 현재 한강수계에서는 하천수 188개소, 호소수 34개소, 상수원수 92개소, 농업용수 56개소, 도시관류 및 공단배수 10개소 등 총 380개 지점의 수질측정망이 운영되고 있으며 (환경부, 2002: 그림 4, 표 1, 표 2), 환경부에서 제시하고 있는 수질측정지점의 선정을 위한 기준은 다음과 같다 (수질측정망 개요).

- 1) 수질개선을 위하여 수질상태를 파악할 필요가 있는 지점
- 2) 양호한 수질상태 유지를 위하여 보전하여야 할 지점
- 3) 수질변화상태 및 오염추세를 파악하기 위한 지점
- 4) 수체(Water body)에 유입되는 오염물질 및 그 영향을 파악하기 위한 지점
- 5) 담수와 해수의 혼합지점에서 담수에 의한 오염부하량을 파악할 수 있는 지점

여기서 ‘3)’은 수질의 장기 경향을 알아보기 위한 지점이며, ‘1)’은 고정적인 수질측정지점이라기 보다는 집중적인 조사가 필요한 지점을 말한다. ‘2)’와 ‘4)’는 별도의 측정이 필요한 지점으로 볼 수 있다. 예를 들어 ‘2)’는 상수원 보호구역 등의 경우이며, ‘4)’는 호수 유입수의 오염상황을 파악하기 위한 지점 등이 해당된다. 한편 ‘5)’는 하천의 하구 지점에 해당한다. 그러나 여기서 제시된 ‘수질측정지점 선정 기준’은 수질측정망의 목적에 따른 측정망의 선정 기준이며, 측정지점의 위치 선정을 위한 구체적인 방법은 제시하지 못하고 있다.

1.

			( )	( / )	( )	( )			
총 계		1,844	556	165/64	577	416	130	51	79
환경 관 리 청	소 계	457	307	73/26	—	—	77	4	73
	한강유역	60	47	11/3	—	—	2	—	2
	원주지방	69	54	12/4	—	—	3	—	3
	경인지방	41	16	6/2	—	—	19	2	17
	낙 동 강	55	42	2/1	—	—	11	—	11
	대구지방	65	52	2/1	—	—	11	—	11
	금 강	74	45	21/7	—	—	8	—	8
	영 산 강	56	28	14/6	—	—	14	—	14
	전주지방	37	23	5/2	—	—	9	2	7
시 · 도	소 계	835	220	24/10	538	—	53	47	6
	서 울	17	10	—	5	—	2	2	—
	부 산	31	3	—	6	—	22	22	—
	대 구	17	—	2/1	6	—	9	9	—
	대 전	18	14	—	1	—	3	3	—
	인 천	10	2	—	2	—	6	6	—
	광 주	9	2	2/1	5	—	—	—	—
	울 산	23	8	—	9	—	6	—	6
	경 기	111	51	19/7	41	—	—	—	—
	강 원	115	20	—	95	—	—	—	—
	충 북	71	30	—	41	—	—	—	—
	충 남	64	26	—	38	—	—	—	—
	전 북	47	9	—	35	—	3	3	—
	전 남	94	9	—	85	—	—	—	—
	경 북	106	4	—	102	—	—	—	—
	경 남	92	32	1/1	57	—	2	2	—
	제 주	10	—	—	10	—	—	—	—
한국수자원공사		136	29	68/28	39	—	—	—	—
농업기반공사		416	—	—	—	416	—	—	—



4.

2.

계	1,844	556	307	249	165	577	416	130	51	79
한 강	380	188	107	81	34	92	56	10	3	7
낙동강	376	110	81	29	23	117	93	33	21	12
금 강	195	85	38	47	15	38	48	9	3	6
영산강	74	23	12	11	11	19	13	8	—	8
섬진강	71	21	15	6	10	17	23	—	—	—
만경강	42	11	6	5	5	9	9	8	5	3
안성천	48	15	—	15	8	7	16	2	—	2
삽교천	35	12	7	5	6	6	10	1	—	1
동진강	25	11	7	4	—	2	12	—	—	—
탐진강	10	4	4	—	—	4	2	—	—	—
배화강	34	21	7	14	4	6	2	1	—	1
형산강	26	4	4	—	3	8	9	2	—	2
기 타	528	51	19	32	46	252	123	56	19	37

2.

수질측정망 운영계획(환경부, 2002)에서는 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수 수질측정망에서의 측정항목을 표 3과 같이 제시하였다.

3.

				( )	( )
하천수 (도시관류 포함)	수위 또는 유량, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, 총인, 수온, 페놀류, 전기전도도, 분원성 대장균군수, 총대장균군수		12회/년 (48회/년)	매월	하천수질 환경기준 및 하천 보호상 필요한 항목
	DTN, DTP, PO <sub>4</sub> -P, 클로로필a, Cd, CN, Pb, Cr <sup>+6</sup> , As, Hg, ABS		4회/년 (12회/년)	3,6,9, 12월	
	PCB, 유기인, TCE, PCE		1회/년	7월	
호소수	수위 또는 유량, pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, DTN, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, 총인, DTP, PO <sub>4</sub> -P, 수온, 페놀류, 전기전도도, 클로로필a, 투명도, 분원성 대장균군수, 총대장균군수, 식물성플랑크톤(조류)		12회/년	매월	호소수질 환경기준 및 호소수질 변화 상태파악 항목
	Cd, CN, Pb, Cr <sup>+6</sup> , As, Hg, ABS		4회/년	3,6,9, 12월	
	PCB, 유기인, TCE, PCE		1회/년	7월	
상수원수	하천수	pH, BOD, SS, DO, 대장균군수	월1회 이상	매월	상수원관리 규칙규정에 의함
		Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>+6</sup> , F, Se, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, 페놀류, ABS, 카바릴, 1,1,1트리클로로에탄, TCE, PCE, PCB, 유기인	4회/년	3,6,9, 12월	
	호소수	pH, COD, SS, DO, 대장균군수	월1회 이상	매월	
		Cd, As, CN, Hg, Pb, Cr <sup>+6</sup> , F, Se, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, 페놀류, ABS, 카바릴, 1,1,1트리클로로에탄, TCE, PCE, PCB, 유기인	4회/년	3,6,9, 12월	
	지하수	Cd, As, CN, Pb, Cr <sup>+6</sup> , Hg, ABS, 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온, F, Se, NH <sub>3</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, 카바릴, 1,1,1트리클로로에탄, TCE, PCE, 페놀류	반기 1회 이상		
농업용수		pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, Cu, Pb, Cd, Cl, 전기전도도, 식물성플랑크톤(조류)	2회/년	6,9월	수질환경 기준 및 농수산물 재배 제한기준 항목

## 3. , ( )

			( )	( )
공단 배수	pH, DO, BOD, COD, SS, 수온, 전기전도도	24회/년	매월 2회	폐수배출허용 기준 및 방류수수질기 준 항목
	Cd, CN, Pb, Cr <sup>+6</sup> , As, Hg, Cu, Zn, Cr, F, ABS, 색도, 총질소, 총인, 페놀, N-핵산, 용해성망간, 용해성철, 대장균군수	12회/년	매월	
	유기인, PCB, TCE, PCE	1회/년	11월	

- 조사횟수 란의 ( )는 5대강 및 금호강의 주요지점에 대한 조사횟수임
- PCB, 유기인, TCE, PCE 조사지점은 하천수 14개 지점, 호소수 63개 지점 조사  
※ TCE : 트리클로로에틸렌, PCE : 테트라클로로에틸렌
- 상수원수의 조사항목, 조사횟수 및 조사시기는 상수원관리규칙에 따라 변경될 수 있음
- 하천유량이 적을 때 또는 계절적 변동이 심하거나 기타 오염물질 유입량 변화가 심하다고 판단될 때와 호소수의 전도현상이 발생하는 시기에는 조사횟수를 증가
- 하천의 수위 또는 유량은 건설교통부 및 한국수자원공사의 수위, 유량측정지점에 한하여 매월 수질 조사일의 동 시간대의 자료를 산출하여 입력
- 공단배수 조사항목 중 색도항목은 염색폐수가 배출되는 측정지점에 한함
- 암모니아성 질소, 질산성 질소, 분원성 대장균군수의 조사는 환경기준이 설정된 수역 구간의 지점에 대하여만 조사(95년 7월부터)
- 환경기준에 포함되지 않은 조사항목인 TCE, PCE, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, 분원성 대장균군수 등은 향후 환경기준 설정여부 파악을 위한 모니터링 항목

표 3에서 보는 바와 같이 수질측정항목은 수자원 용도에 따라 결정되어 있다. 따라서 동일한 수계 내에서도 측정지점에 따라 획득 가능한 수질항목이 다르며, 이는 물질수지원리에 기초한 수질관리 모델의 적용에 어려움을 야기한다. 특히 수계의 특성을 고려하지 않은 이러한 측정항목의 선정은 특정 수계 내 수질문제 파악을 어렵게 한다. 예를 들어 낙동강과 같은 큰 수계는 조류(Algae)가 수질결정에 매우 중요한 역할을 함에도 불구하고 하천수 조사항목 기준에 따라 클로로필 및 용존인은 측정되지 않아 수계 내에서 일어나는 수질 메카니즘에 대한 정확한 이해가 어려웠다. 따라서 환경부에서는 2001년부터 이들 항목을 하천수 수질측정항목에 추가하였으며, 하천수 수질측정지점에서 연 4회 측정, 5대강 및 금호강 주요지점에서는 연 12회 측정하도록 하였다. 한편 현재까지의 일반적인 하천수 수질 측정과 더불어 호수, 공업단지, 도시관류 하천의 퇴적물을 지속적으로 모니터링 하는 시스템을 구축하여 퇴적물이 수질에 미치는 영향을 파악할 필요가 있다.

### 3.

수질측정망 운영계획(환경부, 2002)에서는 하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수 수질측정망에서의 측정항목별 측정횟수 및 시기에 대해 표 3과 같이 제시하였다.

(환경부, 2002)

표 3에 제시한 측정횟수에 관한 규정에서는 수질환경기준 항목 등에 대해 매월 측정하도록 되어 있다. 그러나 하천유량이 적을 때 또는 계절적 변동이 심하거나 기타 오염물질 유입량 변화가 심하다고 판단될 때 그리고 호소수의 전도현상이 발생하는 시기에는 조사 횟수를 증가시키도록 규정하고 있다. 또한 시료채취시기에 관한 규정에서 "조사기관의 계획에 의거 실시하되, 가능한한 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 때에 채수하여야 하며, 단 강우시에는 가능한한 강우의 영향을 받지 않는 시기에 측정하여야 한다"라고 규정하고 있다.(환경부, 2002) 즉 매월 측정되도록 규정되어 있는 수질환경기준 항목은 등간격으로 측정되지 않는다는 것을 알 수 있다. 이렇듯 수질이 등간격으로 측정되지 못한다는 것은 수질자료가 기본적으로 통계량임을 무시하게 되어 측정자료의 신뢰성을 손상시킨다. 특히 연평균을 이용하여 수질의 장기적 경향을 검토하거나 환경기준 달성여부 판정에도 적절하지 않으며, 수질모형에 응용하거나 수질자료의 처리에 합리성을 부여하기 위해서도 등간격 측정이 요구된다. 또한 수질변수는 대개 1일 주기를 나타내므로 24시간동안 혼합된 시료를 측정시료로 취해야 한다.

미국에서의 수질측정망 운영 사례를 살펴보면 ‘측정망 운영주체와 측정자료 사용주체의 분리’와 ‘측정된 자료의 통합관리’라는 두가지 면을 그 특징으로 들 수 있다.

미국에서 가장 광범위한 측정망을 운영하고 있는 미국 지질조사국(USGS; United States Geological Survey)에서는 미국 전역에 걸쳐 산재하는 약 150만개의 지점(지표수 수질측정 지점은 약 85만개 지점)으로부터 지표수 및 지하수의 생성, 수량, 수질, 분포 및 이동에 관한 종합적인 자료를 측정하고 있다. 특히 Online Database인 NWIS(National Water Information System)를 통하여 통상 15분에서 60분 간격으로 기록된 실시간 자료를 수자원 관리와 관련된 연방·주정부나 학교 및 연구단체에 공급하고 있다. 이 실시간 자료는 측정지점으로부터 인공위성, 전화 또는 무선통신을 통하여 매 4시간마다 USGS로 보내지고 도착한지 3분



이내에 인터넷을 통하여 제한없이 일반의 접속이 가능하도록 설계되어 있다. 이러한 과정에서 특히 USGS는 해당 주의 환경부(DEP; Department of Environmental Protection)의 자금 지원을 바탕으로 지역의 여건과 필요에 부응하는 측정망을 운영하면서도 이들 자료의 수집과 배포에만 관계할 뿐 자료의 이용이나 해석에는 일체 관여하지 않음으로써 측정망 운영이나 자료의 구성에 있어서 일관성과 객관성을 유지해 나가고 있다.

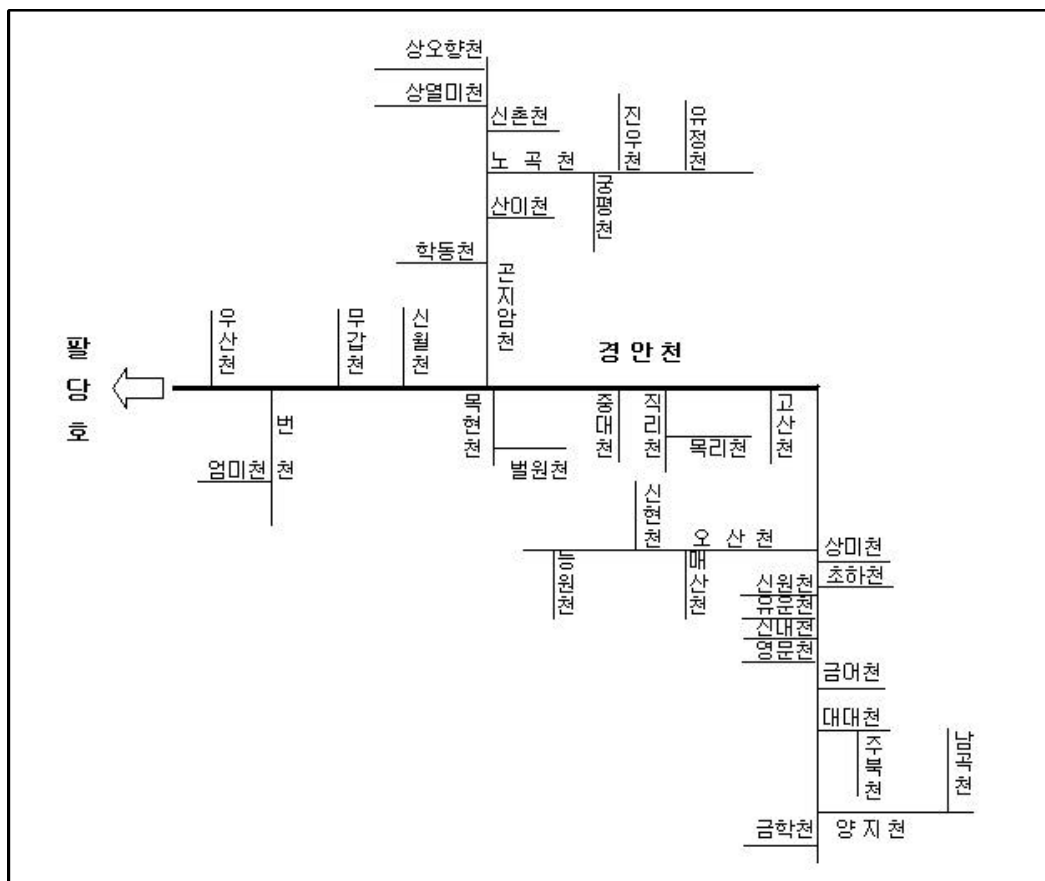
USGS의 NWIS와 병행하여 미국 연방환경보호청(USEPA: United States Environmental Protection Agency)은 수자원 관련자료를 통합관리하는 STORET (STORage and RETrieval)을 운영하고 있다. STORET은 20세기 초기부터 1988년 까지의 자료를 관리하던 LDC(The Legacy Data Center)를 계승 발전시킨 새로운 데이터베이스 체계로서, 미국 국내는 물론 캐나다나 멕시코의 일부 지역에서 수집되는 지표수와 지하수에 관한 생물학적, 화학적, 물리학적 자료들을 저장관리하고 연방·주·지방정부의 각급 기관들, 학교 및 연구기관 혹은 민간단체에 제공하고 있다. 특히 이 STORET에는 수질, 수량 등 기본자료와 함께 측정 지점의 좌표, 측정 방법, 측정 주체와 지원처 뿐만 아니라 측정 이유, 분석 방법, 분석 기관과 책임자 등 상세한 정보를 함께 제공함으로써 자료의 신뢰도와 활용성을 넓힐 뿐만 아니라 측정망 운영의 개선이나 보완에 도움을 주고 있다. 여기서 미국 환경보호청은 직접적으로 자료의 측정에 관계하지는 않지만 그 측정이나 분석의 방법 또는 자료의 수집 등에 대한 표준을 제시하고, 이 표준에 맞추어 수집되는 방대한 규모의 다양한 자료들을 체계적으로 분류·저장함으로써 효율적인 물관리를 위한 자료들의 통합관리를 담당하는 역할을 하고 있다.

이들 NWSI와 STORET은 미국 지질조사국과 환경보호청 간의 상호협조협약을 통하여 유기적으로 연계되고, 상호보완적인 입장에서 자료의 이용자들에게 많은 편의를 제공하고 있다.

현행 수질측정망의 문제점을 개선하기 위해서는 측정목적과 측정위치, 측정횟수 및 시기에 대한 전반적인 재검토가 요구된다. 이들 중 측정목적의 정립과 이에 따른 측정지점의 위치 선정은 가장 기본적인 검토사항이 된다. 따라서 본 연구에서는 팔당호 수질에 중요한 영향을 미치는 유입지류인 경안천 수계를 중심으로 수질측정망 선정과정을 소개하였다. 또한 남북한강 수계에 적용하였을 경우 예상되는 측정망을 부록에 제시하였다.

1.

경안천 수계를 대표할 수 있는 측정 지점의 위치 선정을 위하여 앞서 제시한 Sanders의 방법 중 지류의 수에 의한 측정위치 선정 방법을 이용하였다. 이 방법에서 하나의 지류는 하나의 오염원의 의미를 지니며, 하천의 누적 차수는 오염원의 누적 부하를 의미한다. 따라서 대상 수계 내 차수를 갖는 지류를 선정하는 것은 수질측정망의 설계에 가장 기초적인 동시에 중요한 작업이다. 본 연구에서는 <전국하천일람(건설교통부, 2000)>에 제시된 경안천 수계 내 하천 현황을 참고하였으며, 이에 따른 경안천 수계 모식도를 그림 5에 제시하였다. 그림 5에 제시한 경안천 수계 모식도를 기준으로 발원지에서 경안천 하구 즉 팔당호 유입부에 이르는 구간에 대해 누적차수를 산정하였으며, 이를 그림 6에 제시하였다.

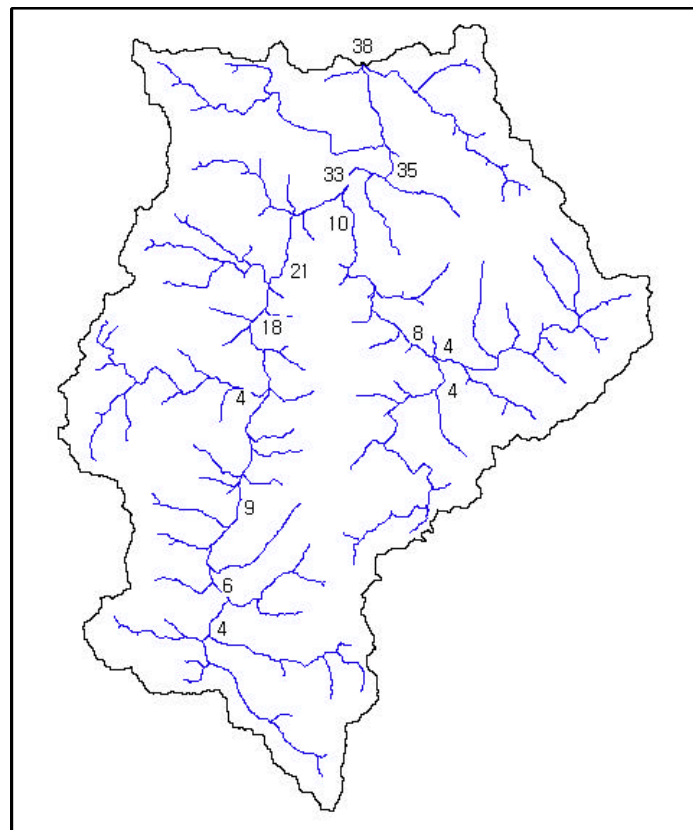


5.

수질측정지점의 위치를 결정하기 전에 대상 수계에 총 몇 개의 측정지점을 둘 것인가가 결정되어야 한다. 현재 경안천 수계에는 7개의 수질측정망이 설치·운영되고 있으며, 본

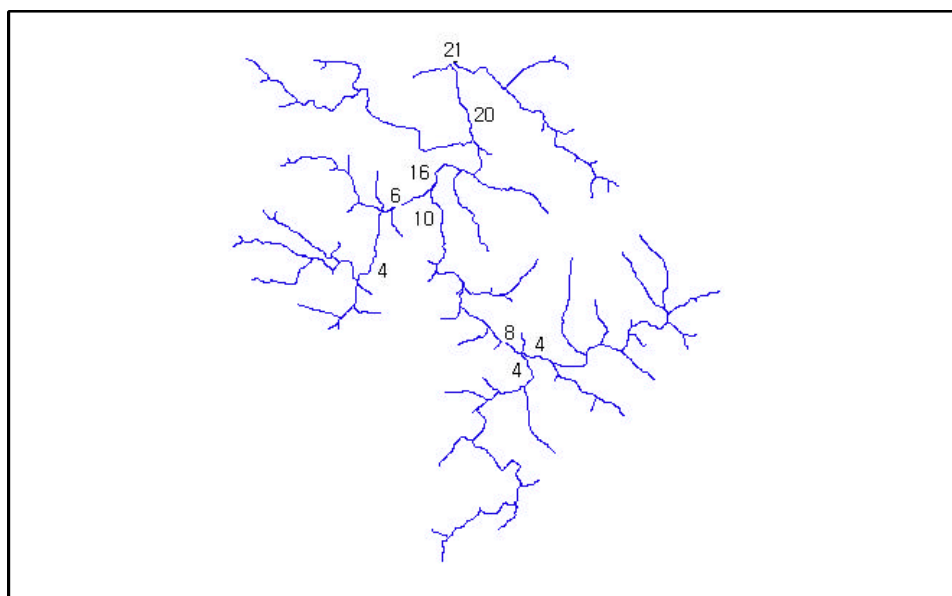
연구에서는 이와 유사한 수의 수질측정망이 배치되도록 하기 위하여 3차 우선순위까지의 측정지점을 배치하도록 하였다.

그림 6에서 보는 바와 같이 경안천 하구에서의 누적차수는 '38'이며, 이는 수계 내 전체 지류의 수를 의미한다. 경안천 수계 내 1차 중심(centroid)이 위치하게 되는 차수는  $[(38+1)/2]=19$ 이나, 경안천 수계 내에서는 '19'의 차수를 갖는 구간이 존재하지 않으므로 이에 가장 근접한 차수 '18'을 갖는 고산천 합류점 직하점에 1차 우선 순위의 측정지점을 배치하였다. 한편 Sander(1980)는 관리 효율을 고려하기 위하여 행정구역 경계 지점에 1차 우선 순위의 측정지점을 위치시키도록 하였다. 경안천 수계에는 광주시와 용인시가 포함되어 있으므로 이들 행정구역의 경계 지점인 오산천 합류점에서 고산천 합류점 사이의 구간에 1차 우선 순위의 측정지점을 배치하였다. 또한 경안천의 유입이 팔당호 수질에 미치는 영향을 파악하기 위하여 경안천의 하구 지점 즉, 최대누적차수를 갖는 우산천 유입 직하류 지점에 1차 우선 순위의 측정지점을 배치하였다.



6.

차수 ‘18’의 1차 중심에 의해 나누어진 상류 부분에서의 2차 중심은 ‘ $[(18+1)/2]=9$ ’이며, 차수 ‘9’를 갖는 신대천 합류점에서 유운천 합류점 사이의 구간에 2차 우선순위의 측정지점이 위치하게 된다. 하류부분에 대해서는 1차 중심을 최상류로 하여 새로운 차수가 부여되게 되며, 그 결과를 그림 6에 제시하였다. 하류 부분에서의 2차 중심은 새로 부여된 차수에 의한  $M_2$ 은 ‘ $[(21+1)/2]=11$ ’ 또는 이전에 부여된 차수에 의한  $M_2$ 인 ‘ $[(38-18+1)/2]=10$ ’ 또는  $M_2$ 인 ‘ $18+10=28$ ’이 된다. 그림 7에서 보는 바와 같이 새로운 차수가 부여된 하류 부분에서는 ‘26’의 차수를 갖는 구간이 존재하지 않으므로 차수 ‘10’ 또는 ‘11’에 2차 우선순위를 갖는 측정지점이 위치하게 되며, 본 연구에서는 차수 ‘10’을 갖는 곤지암천 최하류 구간(학동천 합류점에서 경안천 본류와의 합류점 이전)에 2차 우선 순위를 갖는 측정지점을 배치하였다. 2차 중심에 의해 구분된 총 4개 부분에서는 위와 동일한 방법으로 3차 중심이 결정되며, 결정된 3차 중심에 의해 3차 우선 순위를 갖는 4개의 측정지점을 배치하였다. 결과적으로 경안천 수계 내에는 지류의 누적차수에 따라 총 9개의 측정지점이 배치되었으며, 이들의 위치를 그림 10(a)에 제시하였다.



7.

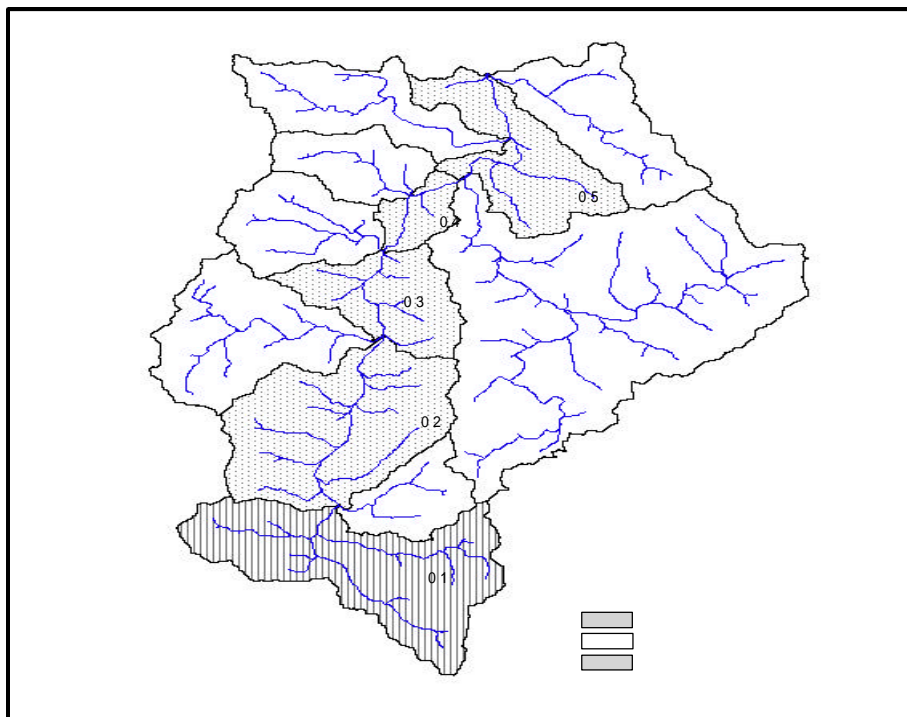
## 2.

수질기준치 준수 여부를 알아보기 위해서는 대상구간에서 수질이 최악인 지점을 측정지점으로 선정된다. 경안천의 경우 하류로 갈수록 수질이 나빠지는 경향을 보이기 때문에 하

천 시작점에서 팔당호로 합류하는 하구지점에 이르기까지의 본류 구간을 등간격을 갖는 5개의 구간으로 구분하였다. 구분된 하천 구간을 바탕으로 각 구간의 경계 지점과 하구지점에 총 5개의 측정지점을 배치하였으며, 그 결과를 그림 10(b)에 제시하였다.

### 3.

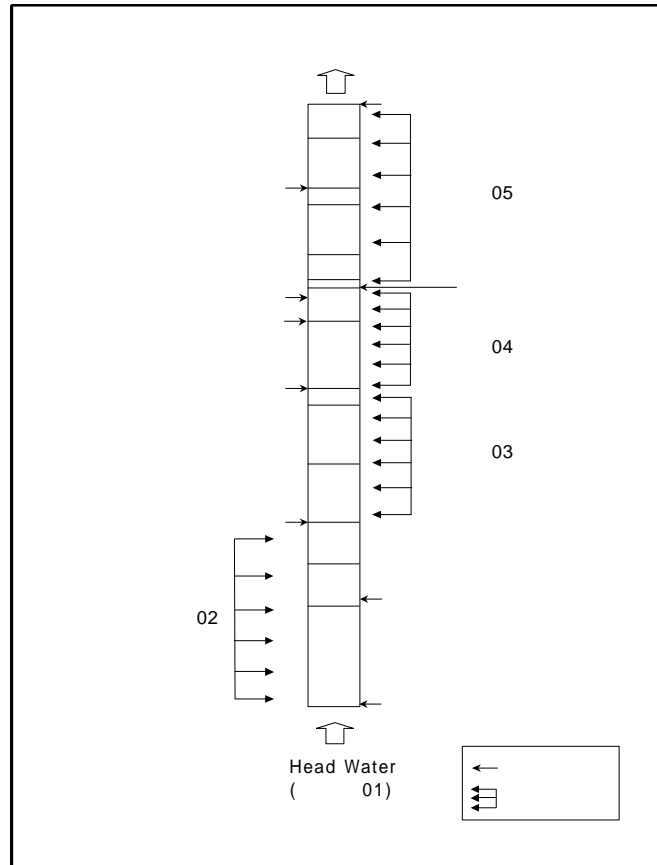
오염원 감시를 위한 측정 지점의 위치 선정을 위해서는 수계 내 오염원-대상 수계 내 지류와 점오염원 그리고 비점오염원-이 우선적으로 결정되어야 한다. 본 절에서는 <한강유역통합시스템 구축사업(한강유역환경관리청, 2001)>에 제시된 경안천 배수구역도(그림 7)를 바탕으로 7개의 지류 유역과 본류 유역 중 경안천 발원지가 포함된 최상류 유역을 지류로, 본류 유역 중 최상류 유역을 제외한 4개의 본류 유역을 비점오염원으로 고려하였으며, 점오염원 중 배출용량이 20,000 m<sup>3</sup>/day이상인 광주하수처리장과 용인하수처리장을 점오염원으로 고려하였다. 이들 오염원을 기준으로 그림 3에 제시된 방법에 따라 오염원 감시를 위한 측정 지점의 위치를 선정하였으며, 그 결과를 그림 10(c)에 제시하였다. 한편 점오염원으로 고려된 광주, 용인 하수처리장의 경우 자체적으로 배출 농도를 측정하고 있으므로 이를 측정지점에서 제외하였다.



### 8.

#### 4.

<한강유역통합시스템 구축사업(한강유역환경관리청, 2001)>은 앞서 제시한 배수구역 구분 결과를 바탕으로 경안천 수계에 대한 하천수질모델 적용을 위한 모델 구획화를 수행하였으며, 그 결과를 그림 9에 제시하였다.



9.

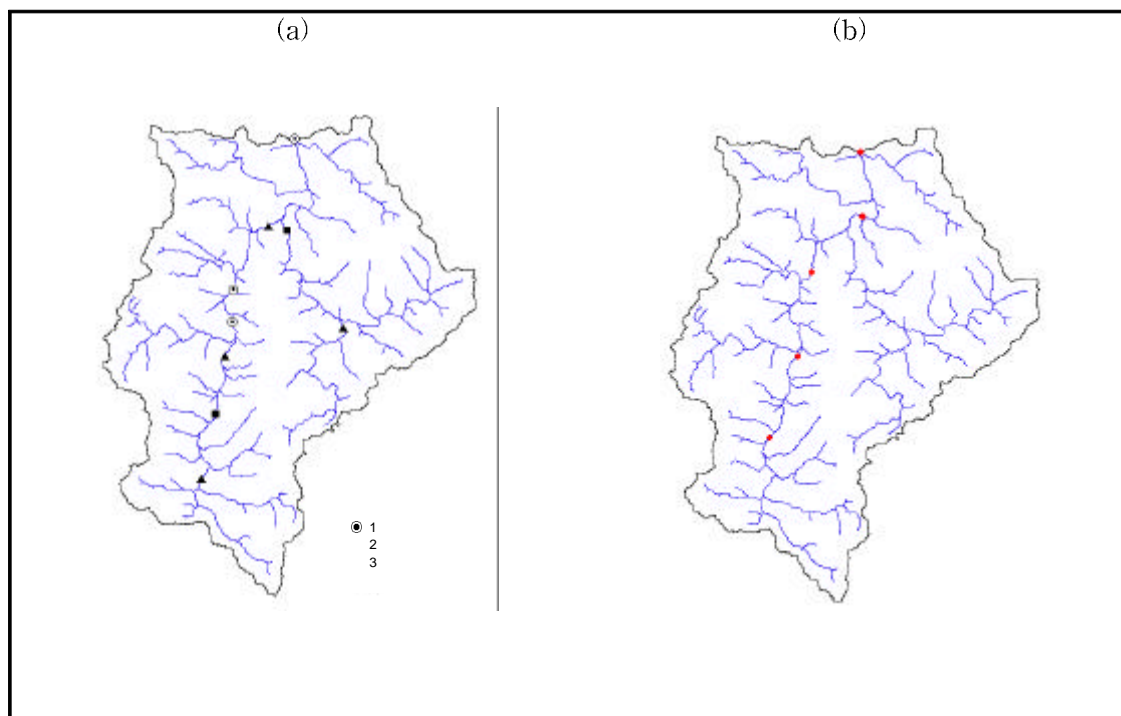
본 절에서는 모델 구획화 과정에서 고려된 점 및 비점오염원에 대하여 물질수지와 물 수지를 분석하기 위하여 각 배수구역의 유출구 지점에 측정 지점을 배치하였으며, 그 결과를 그림 10(d)에 제시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 점오염원으로 고려된 광주, 용인 하수처리장의 경우에는 자체적으로 배출 농도를 측정하고 있으며, 수질모델의 보정 및 검증을 위한 측정 지점이 요구되는 경안천 본류 구간에는 4개의 본류 유역 유출구 지점에 이미 측정지점이 배치되어 있으므로 이를 위한 별도의 측정 지점은 배치하지 않았다.

## 5.

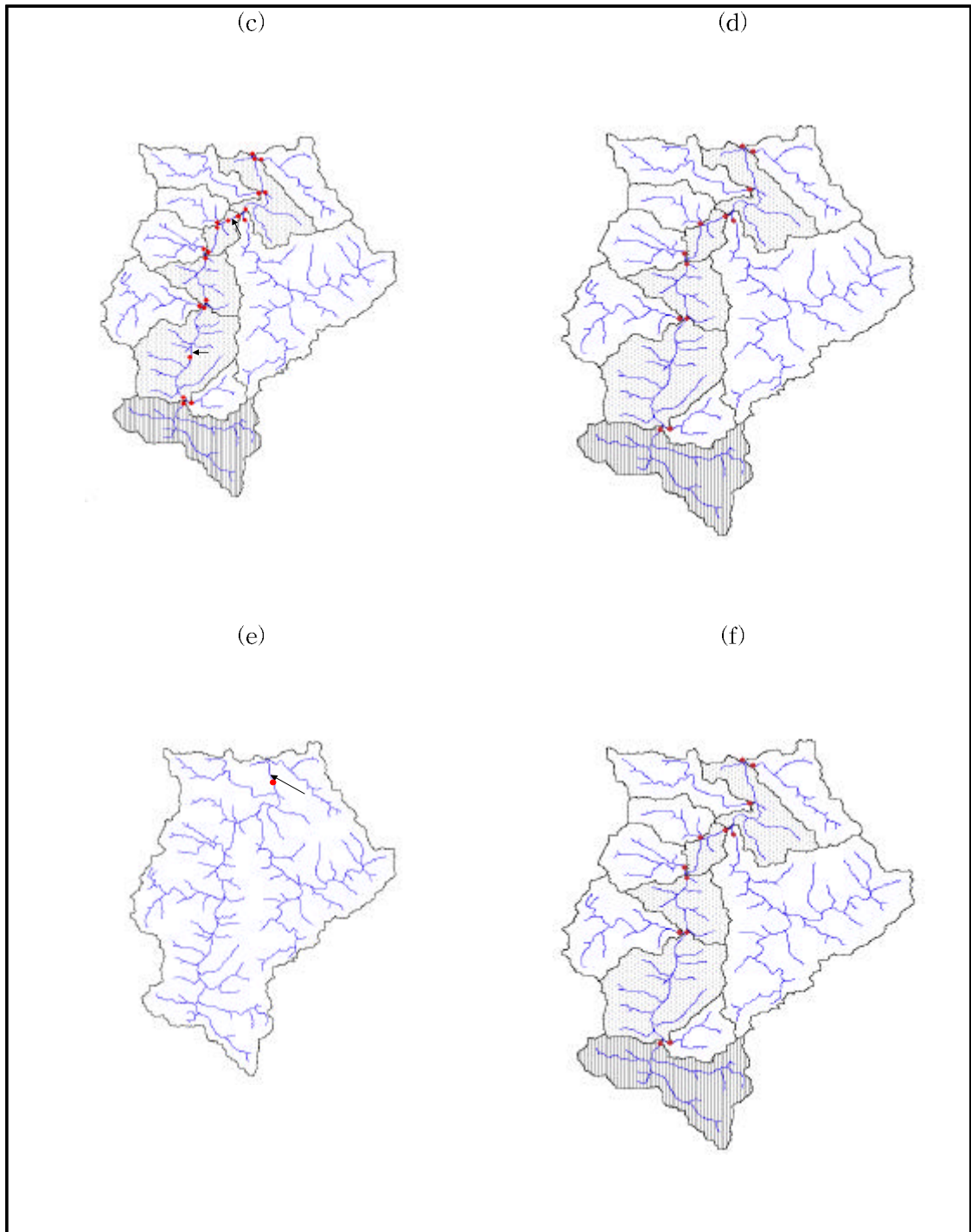
앞서 언급한 바와 같이 물이용 감시를 위한 측정지점의 위치는 일반적으로 수질 기준치 준수를 위한 측정지점과 일치하며, 취수 지점과 수질 기준치 준수를 위한 측정지점 사이에 지천이나 기타 오염원이 위치하고 있을 경우 사고 경보를 위한 추가 측정지점을 두는 것이 바람직하다. 경안천 수계 내에는 경안취수장이 위치하고 있으며, 그림 10(b)에 제시한 수질기준치 준수를 위한 측정지점과 취수 지점 사이에 번천이 유입되고 있다. 따라서 본 절에서는 경안 취수장의 사고 경보를 위하여 배치하였으며, 그 결과를 그림 10(e)에 제시하였다.

## 6.

오염총량관리제 시행을 위한 배수구역별 물질수지와 물수지 분석을 위하여 그림에 제시된 12개 각 배수구역의 유출구 지점에 측정지점을 배치하였으며, 그 결과를 그림 10(f)에 제시하였다. 측정 지점 선정 결과는 수질변화 규명을 위해 설정된 측정지점과 동일하다.



10.



10. ( )

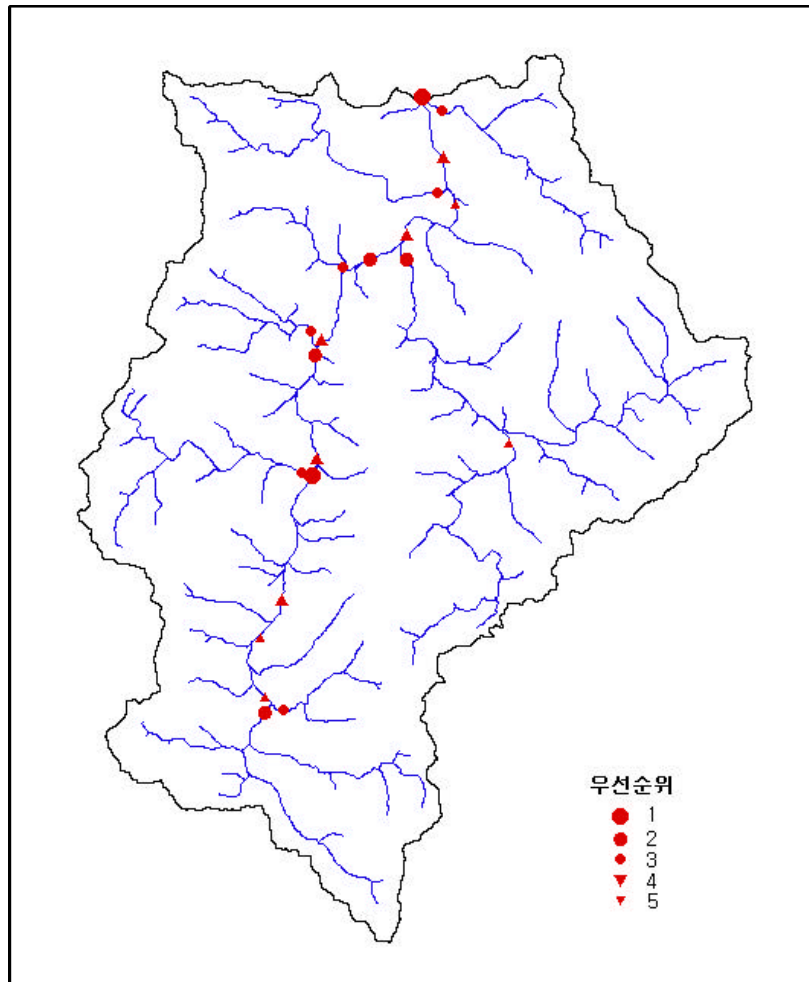
경안천 수계 내 수질측정지점의 최종 위치 선정을 위해 지도 중첩법을 이용하여 위에 제시한 6가지 측정지점 선정 방법에 따른 위치 선정 결과를 비교하였으며, 그 결과를 표 4와 그림 11에 제시하였다.



## 4.

( )								
	1	2	3	4	5	6		
양지천 합류점~대대천 합류점	○		○	○		○	YES	2
대대천 유출지점			○	○		○	YES	3
대대천 합류점~금어천 합류점			○				NO	5
영문천 합류점~신대천 합류점		○					NO	5
신대천 합류점~유운천 합류점	○		○				NO	4
상미천 합류점~오산천 합류점	○	○	○	○		○	YES	1
오산천 유출지점			○	○		○	YES	3
오산천 합류점~고산천 합류점	○		○				NO	4
고산천 합류점~중대천 합류점	○		○	○		○	YES	2
중대천 유출지점			○	○		○	YES	3
중대천 합류점~목현천 합류점		○	○				NO	4
목현천 유출지점			○	○		○	YES	3
목현천 합류점~곤지암천 합류점	○		○	○		○	YES	2
곤지암천 유출지점	○		○	○		○	YES	2
노곡천 유출지점	○						NO	5
곤지암천 합류점~신월천 합류점		○	○				NO	4
무갑천 합류점~번천 합류점			○				NO	5
번천 유출지점			○	○		○	YES	3
번천 합류점~우산천 합류점			○		○		NO	4
우산천 유출지점			○	○		○	YES	3
우산천 합류점 직하류	○	○	○	○		○	YES	1

표에서 보는 바와 같이 6가지 선정 기준에 의해 배치된 총 21개의 측정 위치 중 5가지 기준을 만족시키는 구간이 2개, 4가지 기준을 만족시키는 구간이 4개, 3가지 기준을 만족시키는 구간이 6개, 2가지 기준을 만족시키는 구간이 5개 그리고 1가지 기준만을 만족시키는 구간이 4개로 나타났으며, 이를 바탕으로 경안천 수계 내 측정지점 선정에 위한 우선순위를 부여하였다. 한편 이들 구간 중 선정 기준 4)와 6)에 의해 선정된 9개의 측정 구간에서는 수질 뿐만 아니라 수량을 함께 측정하여야 한다.



11.

1970년대 말부터 시작된 우리나라의 수질측정망은 각종 오염물질의 하천·호소 유입으로 발생하는 수질악화에 대처하기 위한 수자원 관리의 필요성에 따라 계속적으로 확대 운영되어 왔다. 하지만 지금까지의 수질측정망의 설치와 운영은 체계적인 원칙의 적용이 결여된 채 해당 지역이나 수계의 수질 관리의 목적에 따라 경험적으로 이루어져서 현재 운영되고 있는 측정망으로부터 수계 관리에 필요한 모든 정보를 효율적으로 생산하기에는 어려움이 있었다.

따라서 본 연구에서는 수질 경향의 파악, 수질환경기준의 위반 사항 감시, 수질변화에 영향을 미치는 외부 영향 파악, 용수이용을 위한 지속적인 수질 측정, 집중조사를 통한 특

정시기의 수질변화 규명 등 대상 수계의 수질 규명이라는 측정망 운영의 본래 목적 이외에 오염총량관리제나 물관리정보화 추진 등 새로운 물관리 제도의 시행을 지원할 수 있는 과학적이고 체계적인 수질측정망 설계지침을 제시하고자 하였다.

이를 위하여 수계 대표성, 수질기준치 준수, 오염원 감시, 물이용 감시, 수질변화 규명, 오염부하량 산정 등의 수질측정지점 선정 기준과 측정횟수와 항목 등 운영 이론들을 설명하였고, 또한 현재 운영되고 있는 수질측정망 운영실태의 현황과 문제점을 한강 수계를 중심으로 분석하였다. 수질측정망 설계 운영의 개선방안을 제시하기 위하여 앞에서 설명된 측정지점 선정 기준을 경안천 유역에 시범적으로 적용하여 그 타당성을 예시하였다.

현재 우리나라에서 시행되고 있는 수질측정망 제도는 오염총량관리제도, 유역통합관리제도, 환경정보화 등과 같은 선진 물관리제도와 기술에 매우 부적합하다. 따라서 본 연구에서 제시한 수질과 수량측정 지점 선정기준에 따라 측정망을 재구성하며, 측정자료의 신뢰성과 효율적인 관리를 위하여 제도와 관리 주체가 일원화되어야 한다. 또한, 지점, 횟수, 항목 등 측정망 관련 자료와 물관리 관련 정보가 표준화되어야 한다. 아울러 현재 4대강 수계별로 설치되어 있는 유역환경관리청을 중심으로 수질, 수량, 오염원, 유역 토지이용도 등에 이르기까지 물관리 관련 모든 정보를 통합관리하여야 할 것으로 사료된다.

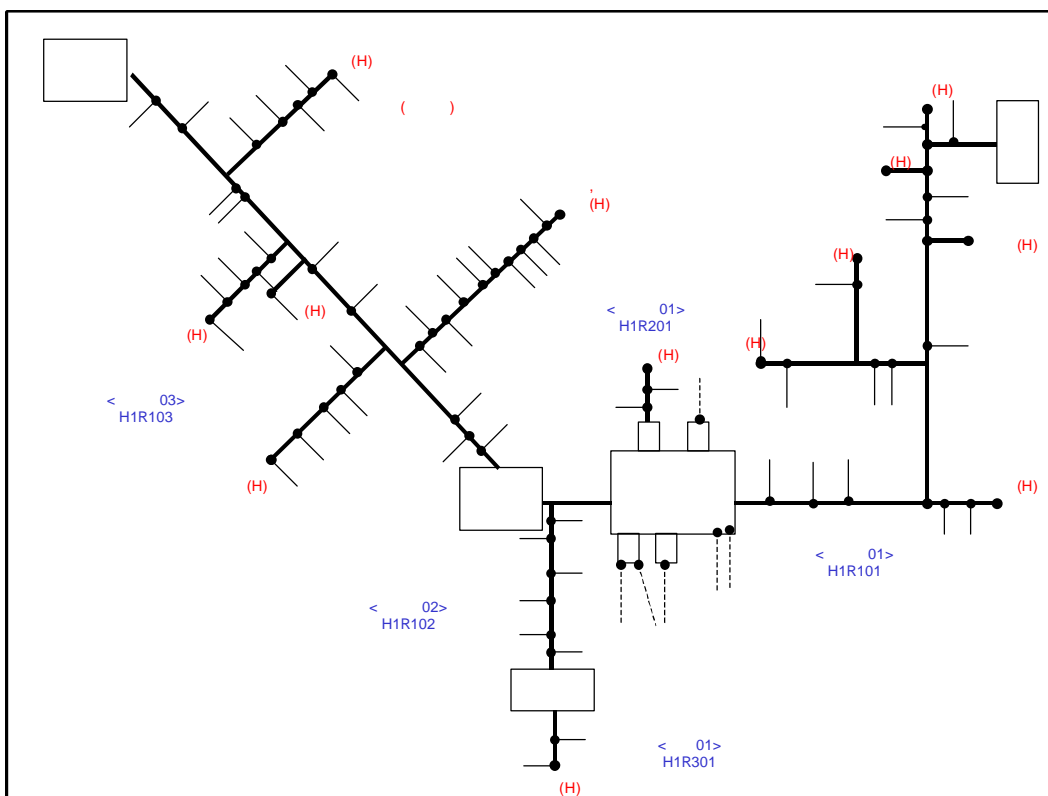
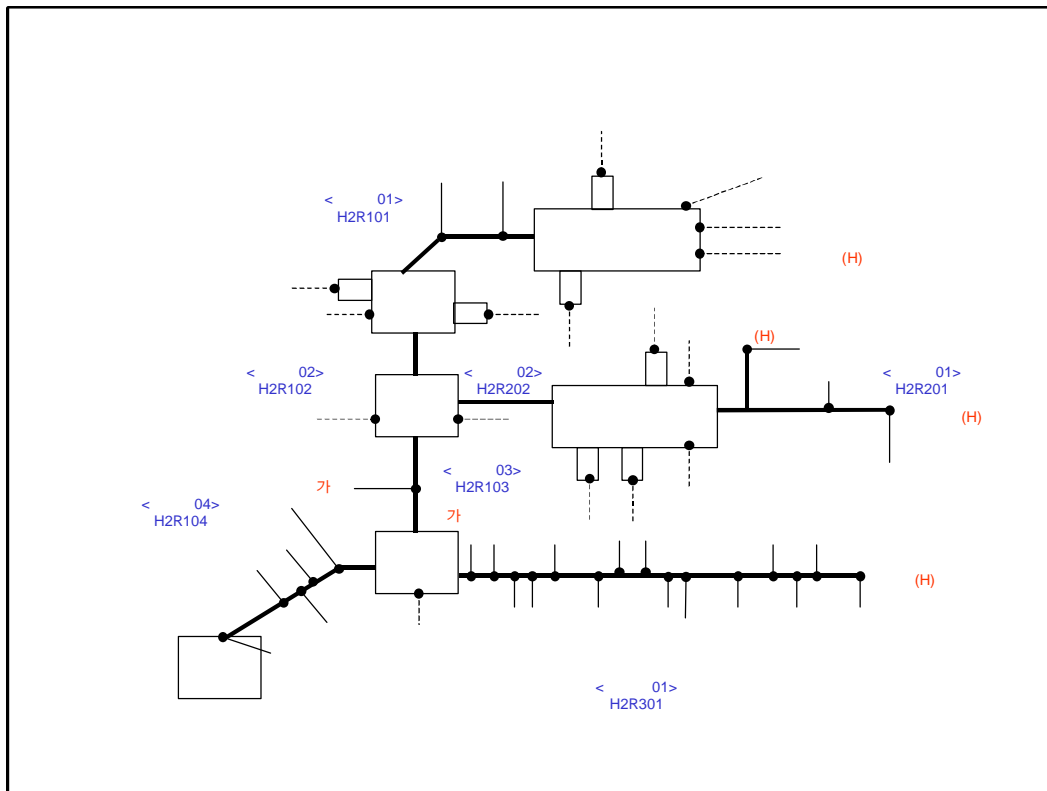
< >

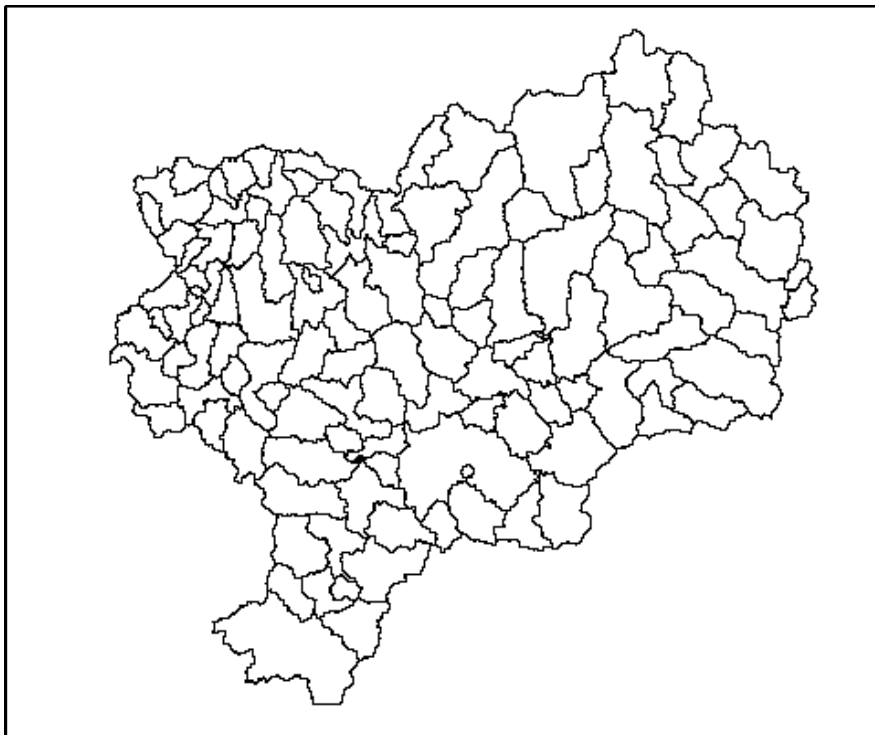
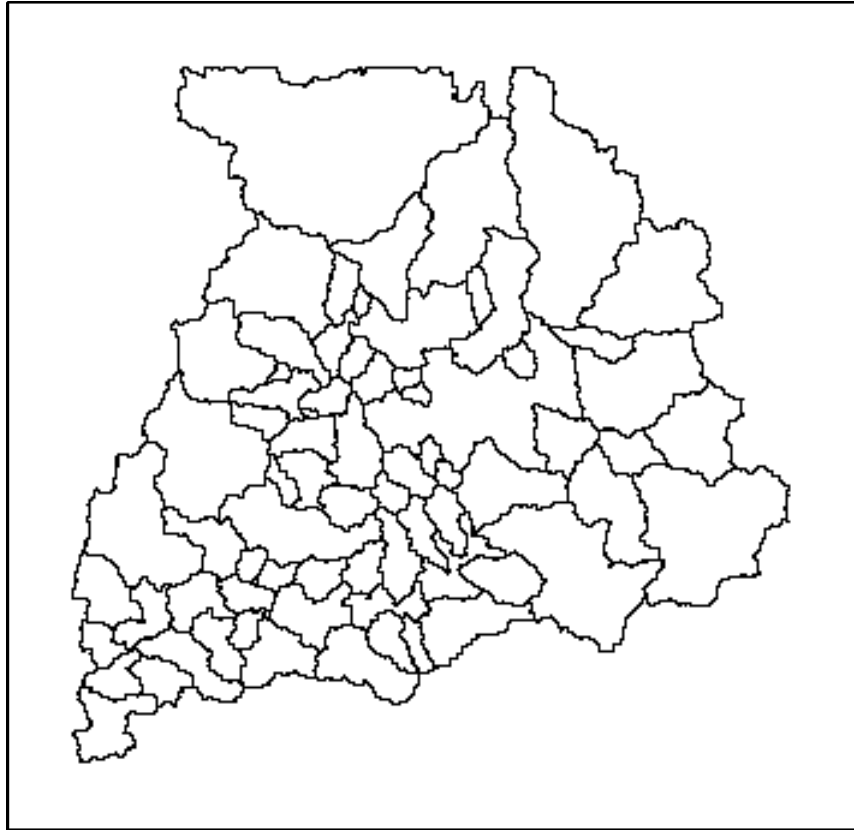
1. 건설교통부, 전국하천일람, 2000.
2. 한강유역환경관리청, 한강유역통합시스템 구축사업, 2001.
3. 환경부, 수질측정망 운영계획, 2002.
4. Lettenmaier, D. P., "Dimensionality Problems in Water Quality Network Design", *Water Resour. Res.*, 15(6), 1692-1700, 1979.
5. Liebetrau, A. M., "Water Quality Sampling: Some Statistical Consideration", *Water Resour. Res.*, 15(6), 1717-1725, 1979.
6. Pomeroy and Orlob, Problem of Settling Standards and of Surveillance for Water Quality Control, California State Water Quality Control Commission, Pub. No. 36, Sacramento, California, 1967.
7. Sanders, T. G. and Adrian, D. D., "Sampling Frequency for River Quality Monitoring", *Water*

- 
- Res. Rea. 14(4), 569-576, 1978.
8. Sanders, T. G., , Principles of Network Design for Water Quality Monitoring, Colorado State University, 1980.
  9. Sharp, W. E., "A Topologically Optimum River Sampling Plan for South Carolina", Water Resources Research, V. 7(6), 1641-1646, 1971.
  10. <http://www.epa.gov/storet/>
  11. <http://waterdata.usgs.gov/nwis/>

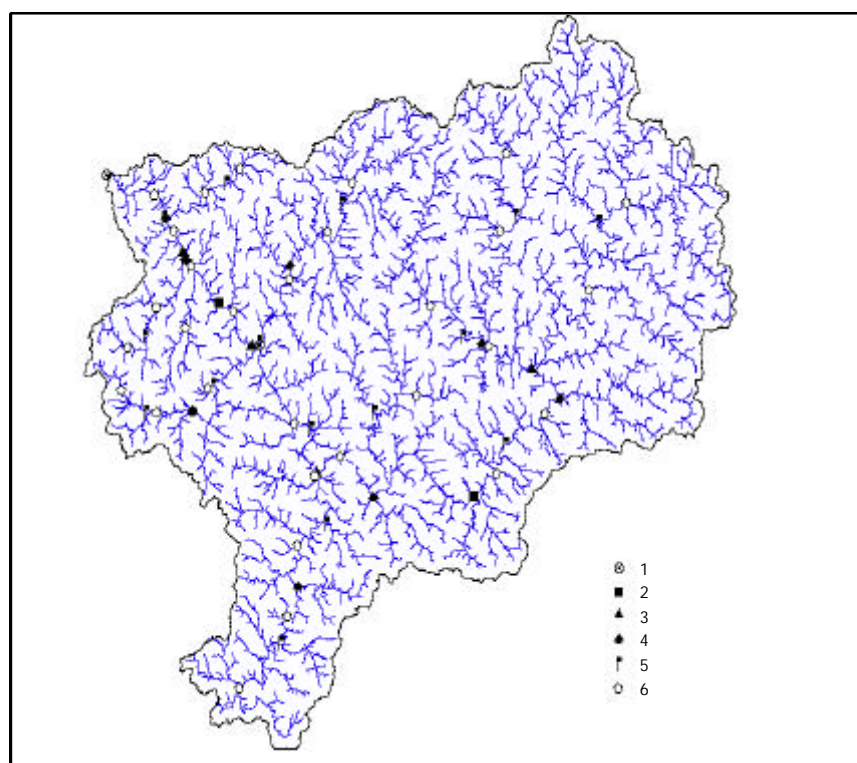
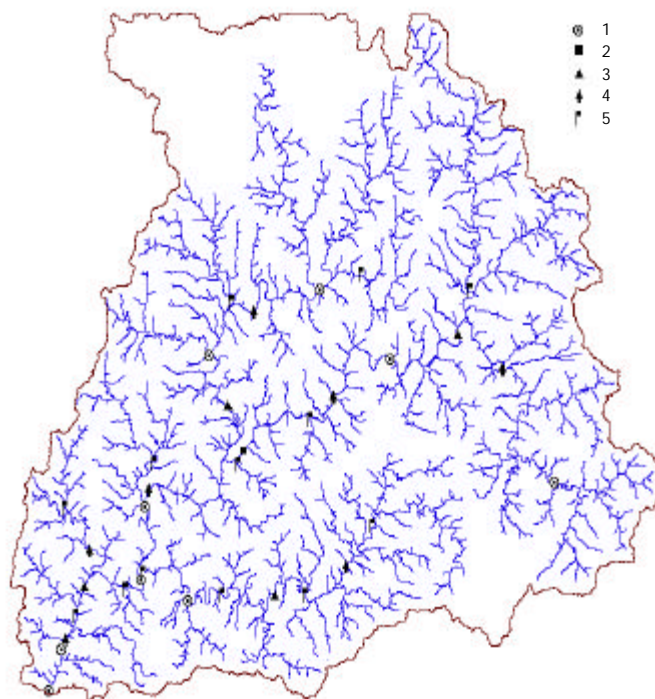
&lt; &gt;

1.





2.



4



(                    ·    가                    )

1.	/ 300
2.	/ 322
3.	/ 350
4.	/ 356
5.	/ 385



하수처리서비스는 물자원의 보전과 도시 위생을 위한 기본적 서비스로, 도시생활의 증가와 산업의 발전에 따라 적정한 서비스 공급의 중요성이 더욱 증대되고 있다.

현재 하수처리사업은 지방자치단체를 중심으로 이루어지고 있으나 운영상에 있어 만성적인 재정적자가 누증되고 있으며 지자체간 서비스 수준, 비용 등의 편차가 크고 비효율의 문제를 가지고 있다. 또한 규모의 대·소에 관계없이 지방자치단체별로 사업을 경영함으로써 규모의 경제 실현이 어려우며 하수도서비스의 특성상 요구되는 지역간 연계가 이루어지기 어려운 문제점이 있다.

하수처리사업의 전문적 운영으로 지역환경을 효과적으로 개선하며, 민간기업의 창의성, 경영효율성을 최대한으로 활용하여 환경투자의 효과성을 증대하고자 하는 정책으로 추진되고 있는 것이 하수도사업에 대한 민간부문 참여이다. 그러나 그러한 성과를 효과적으로 달성하기에는 현 민간참여체계와 추진기반의 구조적인 문제점, 그리고 하수도산업에 대한 산업정책을 포함한 총체적 운영체계 정비와의 연계 등이 미비하여 체계적이고 효과적인 정책추진이 이루어지지 못하고 있다.

본 연구는 하수도 사업 민영화 정책 및 추진현황을 평가하고 문제점을 분석하여 하수도사업의 합리적 민영화 추진을 위한 정책방안과 추진전략을 제시하는 것을 목적으로 한다.

먼저, 하수처리 현황 및 관리체계에 대해 살펴보고, 현재 시행중인 하수처리시설 민영화 정책과 그 추진현황을 분석·평가한다. 하수처리사업 합리화의 측면에서 필요한 사업체계 조정의 필요성 및 방안을 제시하고, 민간부문 참여정책과 연계 분석한다. 다음으로는 외국의 하수도사업 운영체계와 하수도사업 민영화 사례 분석을 통해 우리나라 정책에의 시사점을 도출한다. 최종적으로, 민영화 추진체계, 하수도사업 관리체계, 산업정책 정비, 제도적 개선방안 등 하수도사업의 합리적 민영화 추진방안을 제시한다.

## 1.

인간생활과 산업활동에 따라 발생하는 하·폐수는 생활하수, 산업폐수, 축산폐수 등으로 나누어 볼 수 있다. 그 중 공공 하수도사업의 대상이 되는 생활하수는 전체 하·폐수 발생량의 3/4 이상을 차지하고 있다.

## &lt; 1&gt; .

					(m <sup>3</sup> / )
	( )	( m <sup>3</sup> / )	( )	( / )	
1980	3,984	1,962	3,421,481	79,620	6,759,444
1985	7,375	3,109	5,799,392	134,200	8,178,181
1990	13,504	4,106	6,658,546	128,170	12,323,123
1991	14,715	5,656	7,320,256	139,170	12,866,173
1992	16,834	6,391	7,995,352	152,686	13,415,975
1993	20,241	6,412	8,741,391	170,138	13,972,000
1994	26,702	7,259	9,949,000	174,530	13,369,018
1995	25,299	8,741	9,563,000	168,228	13,173,163
1996	28,012	8,926	9,912,000	197,017	13,672,706
1997	39,939	4,874	10,410,000	206,386	13,805,222
1998	37,621	4,068	10,470,000	190,000	13,415,148
1999	n.a.	n.a.	n.a.	128,461	n.a.
2000	n.a.	n.a.	n.a.	125,100	n.a.
2001	48,876	7,906	n.a.	n.a.	n.a.

자료: 환경부, 환경통계연감, 2001. 국회환경포럼, 축산분뇨관리 정책토론회, 1999. 11.

농림부, 축산물 통계, 각년도, 농림부, 2004년 농정지표 재점검, 1996.

환경부, 공장폐수의 발생과 처리, 2001. 환경부, 하수도 통계, 2001.

생활하수 발생량은 인구증가 및 1인당 급수량의 증가와 함께 꾸준히 증가하고 있으며, 도시화의 진전과 생활양식의 변화에 따라 1인당 급수량 대비 배출량의 비율도 조금씩 증가하고 있다.

< 2 >

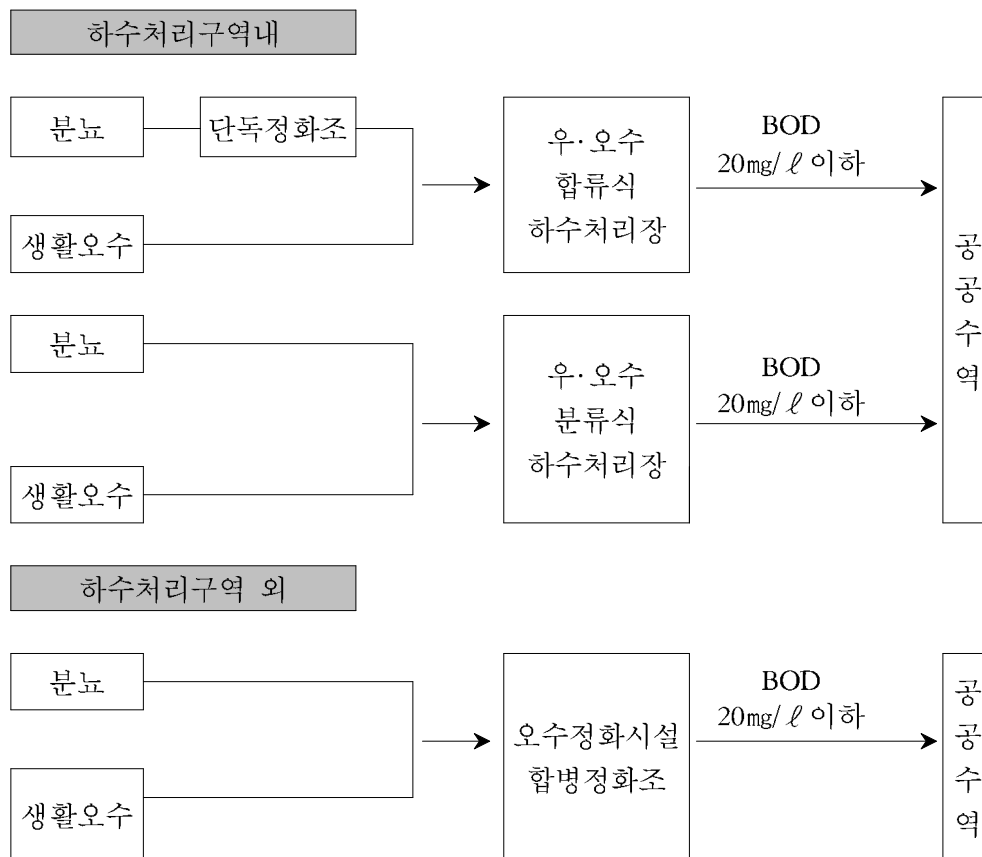
	( )	<sup>1</sup> ( / , )	<sup>1</sup> ( / , )	(m <sup>3</sup> / )
1980	37,436	256	180	6,759,444
1981	38,723	264	186	7,227,647
1982	39,326	270	191	7,506,940
1983	39,910	273	193	7,703,029
1984	40,406	278	198	7,998,771
1985	40,448	282	202	8,178,181
1986	41,184	295	214	8,823,320
1987	41,575	311	229	9,529,405
1988	41,975	325	243	10,189,851
1989	42,380	339	256	10,323,123
1990	43,520	369	283	12,323,123
1991	43,849	376	293	12,866,173
1992	44,179	385	303	13,415,975
1993	44,506	398	314	13,972,000
1994	45,512	408	294	13,369,018
1995	45,974	398	287	13,173,163
1996	46,426	409	294	13,672,706
1997	46,878	409	294	13,805,222
1998	47,170	395	284	13,415,148
1999	47,543	388	336	15,484,409
2000	47,977	380	345	15,441,365

자료: 환경부, 하수도통계, 2001.

환경부, 상수도통계, 2001.

발생된 생활하수의 처리체계를 살펴보면, 하수관거를 통하여 하수종말처리시설로 유입 처리되는 종말처리체계와 (하수처리구역 내), 발생원에 오수처리시설을 설치하여 하수종말 처리시설과 동일한 수준인 BOD 20mg/l 이하로 처리하는 개별처리체계로 (하수처리구역 외) 대별될 수 있다.

종말처리체계에서도 우·오수 합류식으로 하수처리장에 유입·처리하는 경우, 분뇨는 단독정화시설을 거쳐 공공하수도로 배출되도록 하고 있다.



자료: 환경부, 환경백서, 1999.

< 1> .

공공하수처리를 위한 하수처리시설 보급을 추이를 살펴보면 다음과 같다.

< 3>

(단위: %)

	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
하수처리 보급율	38.8	41.3	41.9	45.4	52.6	60.9	65.9	68.4	70.5
하수관거 보급율	58.7	60.5	60.6	61.6	62.6	63.5	64.4	62.7	63.4

자료: 환경부, 환경백서, 2001.

이러한 하수처리율은 1976년 말 4%에서 1986년 18%, 1990년 31%, 2000년 70.5%로 급속하게 증가하고는 있으나, 선진외국과 비교하면 아직도 다소 낮은 실정이다.

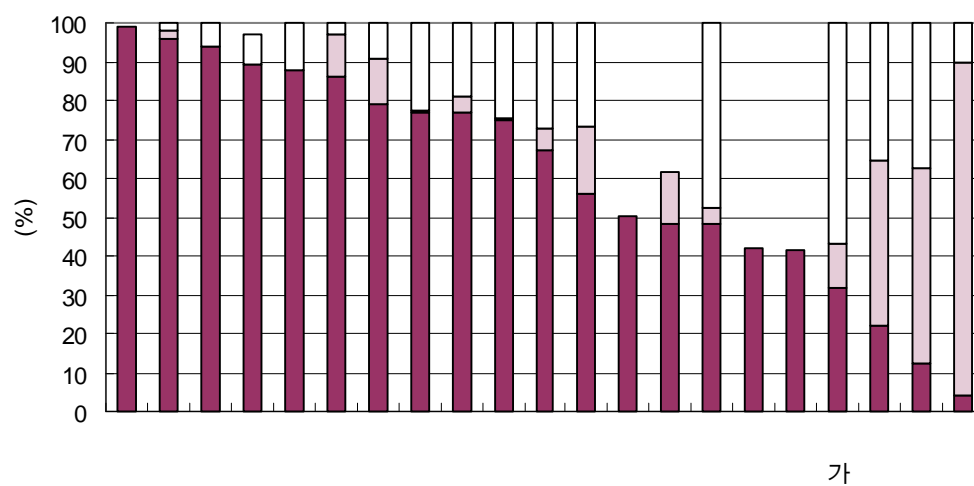
< 4> OECD 가

(1997)

가	(%)	(%)			
			1	2	3
네덜란드	98.0	97.4	0.1	42.3	55.0
스위스	94.0	94.0	—	23.0	71.0
룩셈부르크	87.5	87.5	19.1	57.4	11.0
영국	96.0	87.0	8.0	61.0	18.0
캐나다	91.0	78.0	19.0	26.0	33.0
핀란드	77.3	77.0	—	—	77.0
오스트리아	75.5	74.7	1.4	38.6	34.7
노르웨이	80.0	67.0	15.0	1.0	51.0
일본	55.0	55.0	—	50.0	5.0
스페인	—	48.3	10.6	34.4	3.3
한국	—	52.6	0.9	51.7	—
폴란드	54.0	46.6	6.0	31.1	9.5
헝가리	45.0	22.0	3.0	18.0	1.0
멕시코	64.6	21.8	2.6	19.2	—
터키	62.5	12.1	8.5	3.6	—
아이슬란드	90.0	4.0	4.0	—	—

주) 공공하수도 접속율 및 하수처리율은 인구기준임.

자료: OECD, Environmental Data: Compendium, 1999.



■ / ■ / □

< 2> OECD 가

(1997)

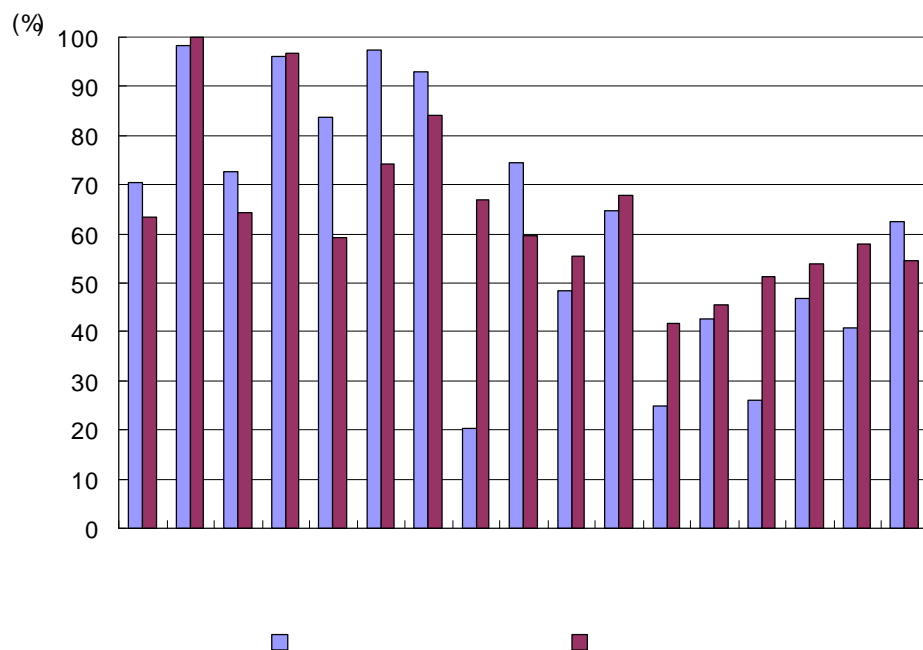
지역별로 보면, 특·광역시 등 대도시는 서울 98.3%, 광주 97.3% 등 상당히 높은 보급율을 보이고 있는 반면, 전혀 공공하수처리가 되지 않는 시·군도 존재하여 지역별 격차가 크게 나타나고 있다. 17개 시·도별로 보아도 상당한 차이를 보이고 있다.

< 5> . (2000)

하수처리 보급율(%)	70.5	98.3	72.7	96.2	83.9	97.3	93.0	20.3	
하수관거 보급율(%)	63.4	100.0	64.4	96.8	59.1	74.2	84.2	67.0	

하수처리 보급율(%)	74.4	48.3	64.5	24.8	42.8	26.1	46.8	40.7	62.5
하수관거 보급율(%)	59.5	55.3	67.9	41.6	45.6	51.3	53.9	58.1	54.5

자료: 환경부, 2000 하수도통계, 2001.



< 3> .

2000년말 현재 하수도보급율과 가동중인 하수처리장의 개소(수)는 <표 6>에 나타난 바와 같이 각각 70.5%와 172개(소)이다.<sup>1)</sup> 이는 '91년도의 하수처리율과 하수처리장의 수보다 각각 197%, 782% 정도 증가한 수치로 지난 수년간 하수처리시설이 지속적으로 확충되어 왔다는 것을 의미한다. 또한 2005년까지 하수처리율과 하수처리장의 수는 각각 80%와 350개소로 증대될 예정이다.

< 6 >

	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
총인구 (천명)	43,268	44,569	45,077	45,512	45,974	46,426	46,878	47,174	47,543	47,977
처리인구 (천명)	15,434	17,279	18,620	19,081	20,908	24,420	28,559	31,099	32,539	33,843
처리장 (개)	22	26	43	57	71	79	93	114	150	172
보급률 (%)	35.7	38.8	41.3	41.9	45.4	52.6	60.9	65.9	68.4	70.5
시설용량 (천톤/일)	5,258	5,815	6,370	9,391	9,653	11,452	15,038	15,768	17,712	18,400

지난 수년간 전반적으로 하수처리율이 증가하였음에도 불구하고 지역적으로는 하수처리율에 대한 편차가 심해 향후 상대적으로 하수처리율이 낮은 지역에 대한 보다 적극적인 하수처리시설 확충이 이루어져야 할 것이다. 전국 16개 시·도의 하수도 보급현황은 <표 7>과 같다.

1) 환경부, 2000 하수도 통계, 2001.

&lt; 7 &gt;

(2000)

	( )	( / )	( )	(%)		(%)
전국	47,976,730	18,399,930	33,843,153	70.5	63.4	54.6
서울	10,373,234	5,810,000	10,198,034	98.3	100.0	95.6
부산	3,812,392	1,295,000	2,772,072	72.7	64.4	69.5
대구	2,538,212	1,770,000	2,440,887	96.2	96.8	69.0
인천	2,562,321	526,000	2,150,399	83.9	59.1	74.2
광주	1,375,212	660,000	1,337,696	97.3	74.2	61.5
대전	1,390,510	900,000	1,292,729	93.0	84.2	73.5
울산	1,044,161	432,000	212,181	20.3	67.0	67.1
경기	9,280,013	3,158,550	6,901,234	74.4	59.5	76.5
강원	1,559,042	305,000	753,659	48.3	55.3	26.9
충북	1,504,722	487,930	970,668	64.5	67.9	32.8
충남	1,930,234	228,000	487,313	24.8	41.6	28.4
전북	2,006,500	679,600	858,295	42.8	45.6	26.3
전남	2,134,629	388,600	556,391	26.1	51.3	20.4
경북	2,813,551	814,600	1,316,503	46.8	53.9	30.0
경남	3,108,674	779,650	1,264,633	40.7	58.1	35.9
제주	543,323	165,000	339,459	62.5	54.5	33.8

자료: 환경부, 2000 하수도통계, 2001. 행정자치부, 지방자치단체예산규모, 2002.

하수도 보급율이 높은 지역은 서울특별시(98.3%), 광주광역시(97.3%), 대구광역시(96.2%) 등지이며 전라남도(26.1%), 울산광역시(20.3%), 충청남도(24.8%) 등지는 처리율이 20%내외 정도로 낮은 수준이다.

2000년말 현재 우리나라의 하수관거설치 현황을 살펴보면 총연장은 68,195km(계획연장의 63.4%)이고 보급율은 63.4%이다. 이러한 하수관거 설치내역은 물관리종합대책에 따라 2005년까지 총연장과 보급율에 있어서 각각 88,700km와 80%로 향상시킬 예정이다.

2000년말까지의 하수관거 보급추이는 <표 8>과 같다.



< 8 >

		'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
계획연장		72,724	78,501	80,330	83,898	85,742	89,119	92,391	96,728	103,280	107,623
시설연장	총계	40,974	46,111	48,725	50,879	52,784	55,830	58,671	62,330	64,741	68,195
	합류식	28,581	32,153	33,259	34,144	35,760	36,591	38,148	40,160	41,437	42,878
	분류식	12,393	13,958	15,466	16,735	17,024	19,239	20,523	22,170	23,304	25,317
보급률(%)		56.3	58.7	60.7	60.6	61.6	62.6	63.5	64.4	62.7	63.4

전국의 하수관거 보급현황은 <표 9>과 같다. 2000년말 현재까지 전국에 설치된 관거 중 합류식 관거의 연장은 총 연장의 62.9%인 42,878km이며 분류식 관거의 연장은 25,317km로 총 연장의 37.1%이다.

< 9 >

(2000)

(단위 : km, %)

구분	합계			합류식		분류식	
	연장(km)	보급률(%)	비율(%)	연장(km)	보급률(%)	연장(km)	비율(%)
합 계	107,622,593	68,194,501	63.4	42,877,898	62.9	25,316,603	37.1
서울	9,937,400	9,937,400	100.0	8,650,441	87.0	1,286,959	13.0
부산	8,248,675	5,309,897	64.4	4,667,325	87.9	642,572	12.1
대구	4,083,252	3,953,141	96.8	2,977,404	75.3	975,737	24.7
인천	5,360,729	3,168,256	59.1	2,367,008	74.7	801,248	25.3
광주	4,392,800	3,260,953	74.2	1,510,714	46.3	1,750,239	53.7
대전	2,558,968	2,154,194	84.2	1,358,470	63.1	795,724	36.9
울산	3,531,586	2,364,800	67.0	468,500	19.8	1,896,300	80.2
경기	18,537,228	11,038,544	59.5	5,137,613	46.5	5,900,931	53.5
강원	5,442,025	3,007,717	55.3	2,324,378	77.3	683,339	22.7
충북	3,997,725	2,714,165	67.9	1,809,957	66.7	904,208	33.3
충남	5,596,949	2,330,838	41.6	1,608,254	69.0	722,584	31.0
전북	7,980,429	3,638,702	45.6	2,115,625	58.1	1,523,077	41.9
전남	5,939,565	3,046,744	51.3	1,657,109	54.4	1,389,635	45.6
경북	9,362,500	5,048,187	53.9	2,954,144	58.5	2,094,043	41.5
경남	8,966,096	5,210,372	58.1	1,784,561	34.3	3,425,811	65.7
제주	3,686,666	2,010,591	54.5	1,486,395	73.9	524,196	26.1

합류식 관거와 분류식 관거의 관거의 설치비율은 지역적으로 매우 상이하게 나타나는데, 서울, 부산, 대구 등과 같은 대도시와 강원도, 제주도 등지에는 분류식 관거에 비하여 합류식 관거의 설치비율이 월등히 높으며, 광주, 울산, 경상남도 등지에는 분류식 관거의 설치비율이 상대적으로 높다.

물관리 종합대책에 따른 하수처리장 확충 및 하수관거 정비계획은 다음과 같다.

< 10 >

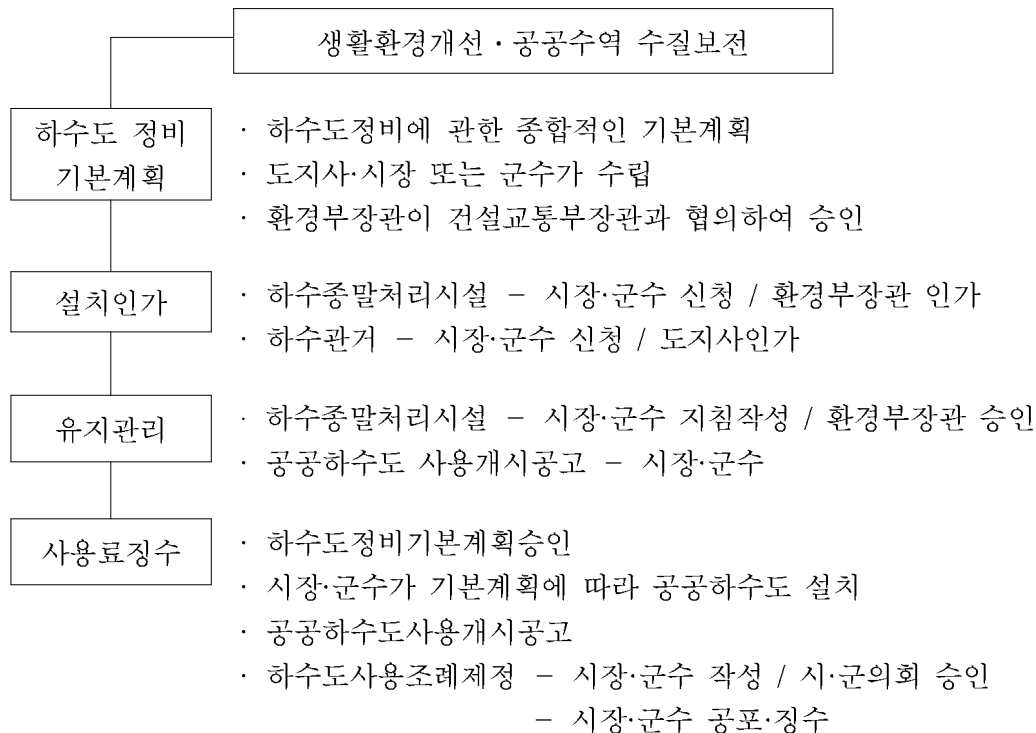
		'98								
				1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
시설용량 (천톤/일)	30,420	16,616	13,804	1,095	1,017	861	1,564	886	1,827	6,554
처리장수 (개소)	350	114	237	36	23	30	33	24	25	65
보급율 (%)		66		68	70	72	74	76	78	80
사업비 (억원)	147,267	37,481	109,786	11,559	12,828	14,643	15,398	16,250	17,220	21,888

< 11 >

				'95	'96~'98		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
정비 (km)	계	101,453	69,669	57,667	12,002	31,784	4,545	4,624	4,124	4,388	4,622	4,931	4,550
	신설	87,754	62,330	52,784	9,546	25,424	3,504	3,626	3,276	3,540	3,824	4,133	3,521
	개보수	13,699	7,339	4,883	2,456	6,360	1,041	998	848	848	798	798	1,029
	보급율 (%)		64				66	69	71	74	76	78	80
투자 (억원)	계	96,043	19,642		19,642	76,401	10,110	10,210	9,995	9,479	9,827	10,389	16,391
	신설	66,451	14,411		14,411	52,040	6,803	6,995	6,744	6,528	7,047	7,609	10,314
	개보수	29,592	5,231		5,231	24,361	3,307	3,215	3,251	3,251	2,780	2,780	6,077

하수도사업은 수자원의 보전을 도모하기 위한 서비스의 하나로, 하수도사업의 경영은 지방자치단체 고유의 업무이며 중앙정부내 소관부처는 환경부와 행정자치부이다.

하수도사업의 기본적인 추진체계는 다음과 같다.



< 4 >

#### ○ 운영상태

2000년말 현재 우리나라 지방자치단체 중 총 22개의 지방자치단체에서 공기업에 의해 하수도 사업을 수행하고 있다. 그렇지 않은 기초자치단체의 하수도 사업은 일반회계 중 도시개발사업으로 운영되고 있다.

하수도사업 전체의 세입·세출현황은 아래의 <표 12>와 같다.

22개의 지방자치단체 하수도공기업 중 당기순이익을 실현한 단체는 5개에 불과하며, 16개의 단체에서 당기순손실이 발생하였다. 경영상태는 부채비율이 58.6%로 다른 직영기업들에 비해 양호한 편이다.

하수도공기업은 설비투자액의 상당부분을 지방비와 국고보조금에 의존하고 있다. 유동비율과 당좌비율이 높고 고정장기적합율은 상대적으로 낮아 안정성 측면은 어느 정도 양호하나, 수익성은 다른 공기업과 비교해 볼 때 상대적으로 불량하다.

< 12> . (2000)

(단위: 백만원)

세입	3,091,152 (100%)	610,070 (19.7%)	383,692 (12.4%)	215,800 (7.0%)	1,174,242 (38.0%)	707,348 (22.9%)
세출	3,091,152	2,412,804 (78.1%)	1,338,088 (43.3%)	957,577 (31.0%)	117,139 (3.8%)	678,348 (21.9%)

주) 국고 - 양여금, 교부금 등. ( ) 안은 구성비

자료: 환경부, 2000 하수도통계, 2001.

○ 원가분석

2000년 현재 하수처리서비스의 생산원가는 전국평균 240.7원/톤이나 지역간 격차가 매우 크게 나타나고 있어, 생산원가가 상대적으로 낮게 나타나고 있는 전주의 경우 42.3원/톤, 하남시 90.0원/톤인 반면, 생산원가가 높게 나타나는 서산시 976.0원/톤, 영암군 968.0원/톤 등 지역에 따라 10배 이상의 차이를 보이기도 한다. 특·광역시, 시, 군별 생산원가 분포는 다음과 같다.

< 13> . , , 가

	특·광역시	시	군
생산원가 (원/톤)	107.0~367.7	42.3~976.0	106.0~968.0

2000년 전국 평균 하수도 요금수준은 130.2원/톤으로 생산원가 240.7원/톤의 54.1%에 불과하여 평균 87.6%의 인상요인을 보이고 있다.

22개 하수도공기업의 평균 요금수준은 146.7원/톤, 총괄원가는 576.8원/톤으로 결손추정액이 314,951백만원에 달한다.

&lt; 14 &gt;

(2000)

	( )	( )	( )	가 ( )	(%)	( )
22개	313,638 (279,555)	2,137,588 (2,140,244)	146.7 (130.6)	576.8 (275.7)	100.4 (111.0)	314,951 (310,423)

주) ( )는 1999년 실적임.

자료: 행정자치부, 2000 지방공기업결산 및 경영분석, 2001.

원가의 구성을 분석해 보면 다음과 같다.

&lt; 15 &gt;

가

(2000)

(단위: 원/톤, %)

	가				
(원/톤)	576.8	147.0	179.3	6.1	7.5
%	100	50.0	61.0	2.1	0.9

주: 영업비용 중 각 비용항목의 비중은 인건비(12.6%), 동력비(9.3%), 약품비(1.4%), 수선유지비(2.9%), 일반관리비(1.9%), 감가상각비(50.5%), 기타경비(25.0%)이다.

자료: 행정자치부, 2000 지방공기업결산 및 경영분석, 2001.

이러한 총괄원가의 수준 및 구성은 사업단체에 따라 상당한 차이를 보이고 있다.

실제 하수처리에 소요되는 영업비용은 인건비, 동력비, 약품비, 재료비, 수선유지비, 일반관리비, 감가상각비 등으로 구성되는데, 전체 영업비용에서 각 용도의 비용구성도 사업단체에 따라 커다란 차이를 보이고 있다. 지역에 따라 처리시설의 규모 및 처리기술선택, 지역적 여건이 상이하므로 유사한 시설이라도 비용의 수준 및 구성이 상이하게 나타날 수 있으나, 비용지출의 비효율성 문제도 의심이 되며, 원가회계상의 비전문성도 있는 것으로 분석된다.

&lt; 16&gt; 가 (2000)

	가 ( / )	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
부산광역시	367.8	38.53	66.74	1.63	-0.05	-6.85
대구광역시	351.2	52.32	67.51	1.79	0.00	-21.63
인천광역시	306.9	32.35	66.82	3.51	0.00	-2.68
광주광역시	349.6	55.15	54.38	2.60	0.00	-12.13
대전광역시	288.1	52.07	46.35	3.77	0.00	-2.19
울산광역시	107.2	62.85	52.86	0.44	0.00	-16.14
수 원 시	156.0	91.13	66.13	8.00	0.00	-65.26
의 정 부 시	418.4	58.07	47.09	0.00	0.00	-5.15
부 천 시	286.5	69.21	45.49	0.00	-12.81	-1.89
광 명 시	256.4	71.45	35.97	0.09	0.00	-7.51
안 산 시	140.6	81.48	35.58	0.00	-10.08	-6.98
과 천 시	505.8	74.23	55.29	0.83	0.00	-30.35
성 남 시	310.4	51.13	55.53	0.00	-1.69	-4.97
구 리 시	98.3	373.53	132.47	0.00	0.00	-406.00
춘 천 시	544.6	44.19	63.14	0.00	-1.11	-6.22
청 주 시	344.5	54.96	57.93	2.20	-1.18	-13.92
전 주 시	239.8	60.69	56.98	0.00	-0.44	-17.22
완 주 시	1309.4	54.29	48.86	0.00	-1.99	-1.16
나 주 시	734.4	72.58	102.40	0.00	0.00	-74.97
경 주 시	642.5	45.15	63.93	0.00	0.00	-9.08
구 미 시	115.7	0.00	110.15	0.03	-0.60	-9.59
제 주 시	630.3	48.77	47.64	10.01	0.00	-6.42

자료: 행정자치부, 2000 지방공기업결산 및 경영분석, 2001.

#### ○ 요금 분석

하수도사용료는 하수도법의 규정에 근거해 지방자치단체 조례로 정하는데, 유지관리비, 감가상각비, 차입금의 이자, 사업의 계속성을 유지하기 위한 비용을 합산한 금액의 범위 안에서 하수의 양·수질 기타 사용의 형태를 고려하여 정하도록 하고 있다. 현재 하수도사용료는 가정용, 업무용, 영업용, 욕탕1종, 욕탕2종, 산업용으로 업종구분되어 차별적으로 부과되고 있다. 2000년 전국평균 업종별 하수도사용료는 다음의 표와 같다.

&lt; 17 &gt;

(2000)

	가			1	2	
요금단가 (원/톤)	82.0	157.0	293.0	124.5	553.9	113.5
부과량 (%)	58.05	7.39	15.49	3.47	0.18	15.42
부과액 (%)	37.35	9.11	35.62	3.39	0.78	13.75

주) 생산원가는 전국평균 240.7원/톤

자료: 환경부, 2000하수도통계, 2001

업종간에 상당한 요금차별이 있어, 가정용, 산업용, 욕탕1종의 업종을 업무용, 영업용, 욕탕2종이 교차보조 (corss-subsidy) 하고 있는 구조를 가지고 있다. 특히 전체 부과량의 58% 정도를 차지하는 가정용이 절대적 (생산원가의 34.1%), 상대적 (영업용의 1/3 수준 이하)으로 낮게 설정되어 업종간 교차지원의 정도를 심화시키고 하수도 요금의 비용현실화를 어렵게 하는 주요 요인이 되고 있다.

한편, 지역별로도 하수도요금 수준의 상당한 차이를 보이고 있을 뿐 아니라 요금의 비용 현실화 정도도 매우 상이하게 나타난다. 이는 하수처리원가의 지역간 차이에 더불어서 하수도 요금 설정에 대한 정책이 지역간에 상이함도 반영한다.

&lt; 18 &gt;

(2000)

(단위: 원/톤)

		가			1	2	
전국	130.2	82.0	157.0	293.0	124.5	553.9	113.5
서울	127.9	62.6	147.5	352.4	97.0	719.4	82.0
부산	206.7	135.7	196.1	429.8	216.6	1610.3	188.0
대구	178.5	141.6	160.4	255.5	162.5	352.1	198.2
인천	158.1	107.0	143.5	369.6	154.9	600.0	177.6
광주	186.4	104.8	181.1	302.6	153.0	492.5	183.6
대전	159.1	103.7	230.9	317.6	120.9	439.1	110.1
울산	87.7	74.2	92.2	201.7	74.0	262.9	78.8
경기	85.8	62.8	122.4	199.2	86.8	239.8	89.6
강원	145.1	114.5	201.5	220.4	140.0	338.0	104.4
충북	169.6	123.4	321.0	326.0	334.2	294.3	105.4
충남	124.0	90.7	151.0	237.4	120.5	263.2	115.5
전북	96.7	60.2	125.5	177.5	69.6	198.0	80.2
전남	112.1	57.2	147.6	186.3	136.4	377.7	47.6
경북	132.8	78.8	140.1	244.0	153.2	439.3	144.4
경남	82.0	64.3	106.9	137.4	85.9	210.2	69.6
제주	148.4	84.6	162.0	282.4	121.1	400.0	118.1

자료: 환경부, 2000 하수도 통계, 2001.

&lt; 19&gt;

가

(2000)

(단위: 원/톤)

	가			가			
	가		가 (%)	가			
전국	240.7	130.2	54.1				
서울	180.6	127.9	70.8	107.2(울 산)	367.7(부 산)	87.7(울 산)	206.7(부 산)
부산	367.7	206.7	56.2				
대구	351.2	178.5	50.8				
인천	306.9	158.1	51.5				
광주	349.6	186.4	53.3				
대전	246.6	159.1	64.5				
울산	107.2	87.7	81.8				
경기	220.8	85.8	38.9	90.0(하 남)	759.7(양 평)	52.7(남양주)	219.5(포 천)
강원	337.3	145.1	43.0	137.9(동 해)	544.6(춘 천)	97.1(삼 척)	183.0(속 초)
충북	292.5	169.6	58.0	182.0(제 천)	477.4(진 천)	106.9(증 평)	219.7(음 성)
충남	283.9	124.0	43.7	114.4(논 산)	976.0(서 산)	73.6(공 주)	196.3(연 기)
전북	114.8	96.7	84.2	42.3(전 주)	382.0(고 창)	58.5(김 제)	115.8(남 원)
전남	379.0	112.1	29.6	120.0(순 천)	968.0(영 압)	51.4(장 성)	308.3(함 평)
경북	247.3	132.8	53.7	200.2(경 산)	455.0(경 주)	68.8(문 경)	215.4(경 주)
경남	141.6	82.0	57.9	96.9(거 제)	470.0(의 령)	44.5(하 동)	184.2(밀 양)
제주	544.3	148.4	27.3	233.0(서귀포)	630.3(제 주)	142.1(제 주)	171.1(서귀포)

자료 : 환경부, 2000 하수도 통계, 2001.

## ○ 재정실태

## － 세입

하수도사업의 재정적 측면은 요금수준의 생산원가 미달로 인한 적자의 누증이 가장 큰 문제점이다. 현행 요금수준으로는 시설투자비는 고사하고 통상적인 개·보수비 및 유지관리비도 충당 못하는 경우도 자주 존재한다. 하수도 공기업으로 운영하고 있는 22개 사업단체의 경우에도 판매수익으로 경상경비를 충당할 수 있는 단체는 5개에 불과하다.

재정상태의 지역적 격차도 크게 나타나고 있다.



사용자 부담 (사용료+원인자부담금)의 비중이 가장 높은 시·도는 울산광역시이다. 다음으로는 서울, 인천, 부산 등 대도시에서 높게 나타나고 있으며, 강원도의 경우 10.2%에 불과하는 등 지역간 차이가 크게 나타나고 있다.

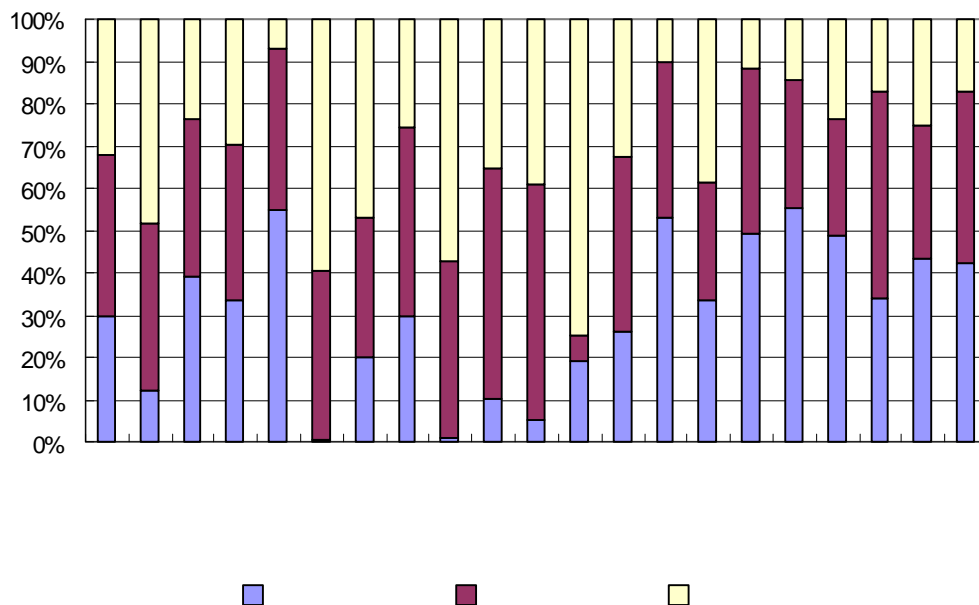
< 20>

(2000)

	( )	(%)					( )
				·			
전국	3,091,151	7.0	22.9	38.0	19.7	12.4	2,276,588
특광역시계	1,062,387	8.4	3.5	39.6	37.3	19.1	1,431,280
도계	2,028,764	6.2	33.1	37.2	10.5	13.0	845,308
시계*	1,583,736	4.7	29.0	36.6	13.3	16.4	517,869
군계	513,391	10.5	44.5	38.2	2.0	4.8	348,984
서울	360,660	0.5	0.0	39.8	49.7	10.0	290,053
부산	187,656	12.2	7.9	32.9	38.0	9.0	333,041
대구	211,917	29.1	0.7	44.5	22.1	3.6	429,180
인천	106,544	0.0	1.0	41.9	37.5	19.6	59,793
광주	66,852	4.7	5.6	54.2	33.6	1.9	125,864
대전	64,132	0.0	5.2	55.6	34.2	5.0	144,053
울산	64,626	0.0	19.2	5.9	22.6	52.3	49,296
경기	566,826	5.9	20.1	41.4	12.4	20.2	166,288
강원	146,871	8.1	44.9	36.8	8.4	1.8	65,078
충북	118,139	2.3	31.4	27.8	13.9	24.6	23,883
충남	190,153	0.9	48.3	39.2	3.8	7.8	30,689
전북	140,747	14.2	41.2	30.2	10.5	3.9	14,812
전남	190,605	2.1	46.8	27.2	20.5	3.4	79,496
경북	255,442	5.3	28.7	48.6	11.3	6.1	243,736
경남	344,642	11.4	31.8	31.6	5.6	19.6	208,152
제주	75,339	15.4	42.1	40.6	7.4	9.9	13,174

\* 시계는 특·광역시를 제외한 수치임.

자료: 환경부, 2000 하수도통계, 2001.



&lt; 5 &gt;

#### － 투자·지출

하수도사업에 있어서의 투자·지출은 하수처리시설의 확충이 계속 이루어지고 있어 자본지출이 78.1%를 차지하고 있으며, 운영비용 및 기타지출이 21.9%로 나타나고 있다.

총자본지출, 즉, 시설투자비와 개보수 등 시설개선지출의 시설별 내용을 보면, 하수처리장에 대한 투자가 꾸준히 증가하였으며 자본지출에서 차지하는 비율도 '97년의 65.6%까지 증가하였다가, '98년에는 59.7%, 2000년에는 55.4%로 감소하였으며, 상대적으로 하수관거에 대한 투자비율은 30%를 조금 웃도는 수준에 머물렀으나 '99년에 이르러 투자비율은 41.1%로 증가되었다가 2000년에는 39.7%로 약간 감소되었다.

&lt; 21 &gt;

(단위: 백만원, (%))

	'94	'95	'96	'97	'98	'99	2000
자본지출 계	1,408,294	1,178,681	1,602,095	2,017,025	2,002,453	2,001,809	2,412,804
하수처리장	769,914 (54.7)	732,044 (62.1)	1,035,663 (64.6)	1,323,078 (65.6)	1,195,816 (59.7)	1,125,008 (56.2)	1,338,088 (55.4)
하수관거	340,741 (24.2)	415,393 (35.2)	539,288 (33.7)	656,110 (32.5)	768,230 (38.4)	821,811 (41.1)	957,577 (39.7)
유수지 및 배수 펌프장	297,639 (21.1)	31,244 (2.7)	27,144 (1.7)	37,837 (1.9)	38,407 (1.9)	54,990 (2.7)	117,139 (4.9)

자료: 환경부, 하수도통계, 각년도

---

하수도사업의 운영에 대한 평가는 여러 가지 측면에서 이루어질 수 있을 것이나 이를 전반적 경영체계, 경영관리 효율화, 재무회계의 운영, 조직·인력의 운용 측면에서 살펴보면 다음과 같다.<sup>2)</sup>

i) 전반적 경영체계

○ 경영마인드의 부족

경영마인드의 부족은 특히 재정이 열악한 소규모 사업단체들의 일반적인 특징이며 대표적인 문제점으로 지적될 수 있다.

전반적으로 하수도사업을 ‘경영’이 아닌 ‘행정’으로 인식하는 경향이 있어 경영목표, 경영철학, 책임경영 등에 대한 이해가 낮아 적정성·연계성이 부족하며, 경영합리화와 독립채산의 당위성에 대한 의식이 약하다. 이는 하수도사업 자체의 공공성에 대한 인식에서 나온 면도 있을 것이나 관리자 및 담당공무원의 경영마인드 부족에서도 기인하는 것으로 볼 수 있다.

○ 장기경영계획의 부재 또는 부실

하수도사업을 단순히 공중위생 또는 수질정화를 위한 행정적 측면만을 강조한 결과 당면 현안사항 위주로 연도별 사업계획이 수립·추진되고 있으며 하수경영계획은 대부분 타당성 분석 없이 수립·실행되고 있다. 이에 따라 이중투자 또는 과잉투자 등의 오류가 발생하여 부족한 재원의 낭비를 초래할 우려가 있다. 장기적 (적어도 10-20년) 투자계획의 수립과 이를 실천할 수 있는 재원조달계획 등의 현실성 있는 수립, 그에 따른 년차별 계획의 수립·운영 등 체계적인 접근이 미비하다. 전반적으로 중장기 경영계획을 수립하지 않아, 미래 경영전망에 대한 거시적 판단이 불가능하다.

○ 관리자의 하수도 재정에 대한 인식 부족

하수도 사업을 경영의 시각에서 사업운영의 수입, 지출의 개략적인 운영내역, 부족재원의 조달방법, 유일한 자체재원인 요금수지, 채무액 등 기본적인 사항에 대하여 관리자가 항상 염두에 두고 경영개선을 위한 노력에 앞장서야 하나 이에 대한 관리자의 인식과 노력에 부족하다.

---

2) 개별 지자체의 하수도사업에 대해, 시설설치 실적이나 요금수준과 같은 표면적인 지표로 비교하는 수준이 아니라 사업전반에 걸친 경영상태를 평가하는 것은 하수도사업이 지방공기업으로 운영되는 경우에 한하여 이루어지고 있다. (이에 대한 법적 근거는 지방공기업법 제 78조, 시행령 56조, 그리고 지방공기업경영평가규정) 여기서는 매년 이루어지고 있는 지방하수공기업 경영평가자료를 참고로 분석하기로 한다.

또한, 대부분의 지자체는 요금현실화율이 매우 낮음에도 체계적이고 조직적인 현실화 계획을 추진하지 않고 지방채 수입에 의존하려는 경향이 있어, 부족재원 충당 노력이 부족하다.

#### ○ 기타

하수처리시설의 건설 및 증설에는 많은 재원이 소요되므로 민선지방자치단체장의 임기 중 마무리가 되지 않는다는 이유로 사업우선순위에서 밀리거나 그로 인해 경영목표가 왜곡될 가능성이 있다.

#### ii) 경영 효율성

##### ○ 하수관거투자 불균형 문제

지역에 따라 상이하나 대체로 하수처리율에 비해 하수관거 보급율이 떨어지는 점이 보장되어야 할 문제점으로 지적된다. 하수처리시설 용량이 충분해도 하수관거 보급율이 떨어지면 하수를 균형있게 처리한다고 볼 수 없으므로 하수관거 확충에 대한 상위 정책적 관심과 배려가 요구된다.

##### ○ 재정문제

하수처리율을 높이기 위한 하수처리시설의 신·증설에 대규모 투자가 이루어지고 있으나 이는 하수도사업의 투자수익성을 바탕으로 결정된 것이 아니라 경영외적인 요인에 따라 진행되고 있다. 따라서 투자에 필요한 자금을 자체적으로 조달하지 못하고 대부분을 지방채 등 차입금으로 조달하고 있어 경영수지가 악화되고 있을 뿐 아니라 앞으로 하수처리시설의 신·증설이 완료되고 나면 사용료수익으로 하수처리장 운영비도 감당하지 못할 정도로 재무구조가 악화될 우려도 있다.

경영성과면에서 하수도 요금으로는 하수처리장 운영비도 충당하지 못하는 경우도 많으며, 또한 하수처리시설에 대한 투자가 늘어나고 있어 전반적으로 경상수지, 영업수지가 매년 악화되고 있다.

#### iii) 재정의 운영

##### ○ 재무구조와 채무관리

재무구조에서 부채비율은 상대적으로 건전한 것으로 보이나 자기자본이 상대적으로 크기 때문에 영업수익에 대한 지급이자 비율을 보면 기관별로 큰 차이를 보이고 있다. 지급이자 비율이 높은 기관은 하수도사용료를 받아 지급이자로 지출하고 있어 하수처리비용을 감안할 때 하수도특별회계의 경영수지가 개선될 수 없을 정도로 악화되고 있다. 또한 차입금 중에는 외화 차입금이 많아 환율변동에 따른 위험부담이 있는 바, 환율변동으로 인한

부담을 줄일 수 있는 방안이 요구된다.

대규모 투자비가 소요되는 신규사업에 지방양여금이 양여되고는 있지만 절대적 부족으로 적지 않은 부분 기채에 의존하여 사업을 추진하고 있으며, 상당한 요금인상요인을 갖고 있는 상황에서 일반회계 지원은 미약(사업예산에 편성하는 경상보조는 거의 없음)하여 커다란 재정압박을 받고 있다.

- 회계업무의 전문성

회계제도는 회계담당자들이 일반회계에 대한 이해 정도는 높으나 하수특별회계의 기업회계적 특수성을 파악하지 못하여 하수도특별회계를 현금주의 방식으로 처리하고 있는 등 비효율적인 면이 있으며, 자체적으로 결산을 하기 어려운 상황이므로 지속적 교육이 필요하다.

- iv) 조직 · 인력

- 인력의 관리 · 운영

조직 및 인력의 관리 · 운영면에서는 기능직 공무원 중 운전원 및 준설원이 과다하고 사업소 인력의 운영이 불합리하며, 수질업무를 담당할 환경직 공무원이 절대적으로 부족한 점 등이 지적되고 있다. 특히 하수시설계의 경우 토목직이 주를 이루고 있어 아직도 하수와 업무가 시설의 건설에 초점을 맞추고 있음을 나타내고 있다.

또한, 빈번한 인사이동으로 전문성의 축적에 어려움이 많고 더 나아가 어느정도 정립된 기술력과 추진력도 오히려 저하되는 문제점이 있다. 조직 · 구성원의 사기 수준도 전반적으로 낮은 편이나 사기양양을 위한 지원시책이 전반적으로 미흡한 실정이다.

- 전문인력 확보와 교육문제

하수도사업의 경우에는 상수도사업과는 달리 회계전문인력의 확보가 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 따라 회계지식 부족으로 재무제표 작성도 적정하게 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 하수도사업에도 별정직 회계전담직원을 설치하여 적정한 회계처리가 이루어지도록 할 필요가 있다.

종합성과 계획성을 갖춘 교육운영계획을 갖고 있지 않아 능력발전을 도모하는 재직자 교육이 부진한 실정이다. 조직 및 인력의 능력을 제고하기 위해서는 교육훈련 등 능력개발 프로그램을 보다 다양화할 필요가 있다.

하수도사업은 기본적으로 지방자치단체를 중심으로 이루어지고 있으며, 지자체의 사업

신청이 이루어져야 사업이 추진됨으로써 각 지자체의 지역적 여건과 환경, 재정적 상황, 사업의지 등에 따라 하수처리율 등 하수도사업 성과의 지역간 불균형이 심하게 나타나고 있다.

#### ○ 하수도 시설사업 추진의 지역적 불균형

하수도사업의 추진현황은 지역적으로 상당한 차이를 보인다. 2000년 하수처리율은 전국이 70.5%인데, 서울이 98.3%, 광주가 97.3%에 이르는 반면, 전남은 26.1%, 광역시인 울산도 20.3%에 불과하다. 동일한 지역 내에서도 도시의 규모에 따라 큰 차이를 보인다.

하수도 시설사업에 대해서는 중앙정부에서 양여금으로 지원해 주고 있으나(하수처리장 10~70%, 하수관거 10~30% 지원) 재정상태가 열악한 지자체에서는 지방비 조달이 어려워 시설사업이 추진되기 어렵다. 특히 현재 하수처리율이 낮은 지자체는 재정자립도도 낮은 지자체들인 경우가 많다.

< 22> (2000)

하수 처리율 (%)	평균									
		74.4	48.3	64.5	24.8	42.8	26.1	46.8	40.7	62.5
		78.3	66.1	85.5	37.6	52.2	38.9	58.6	44.8	93.0
	시부									
	군부	37.6	7.0	25.2	4.3	4.3	12.8	7.3	22.5	-

주) 시평균은 6대도시를 제외하여 분석한 수치임.

#### ○ 사업추진 지자체간 협조 및 조정 부재

환경기초시설 확충사업이 지방자치단체별로 각각 추진되도록 하여 수계에 걸친 관리목표에 따른 추진이 이루어지지 못하거나 지자체간 협조 미흡으로 예산낭비 요소가 있다. 수계에 걸친 수질관리목표에 따른 추진이 이루어지지 못하거나 시설사업 규모의 경제성을 달성하기 어려울 가능성이 있다. 지역간 외부효과의 문제도 해결을 요하는 어려운 문제로 부각되어 있다.

시설설치는 광역적이거나 관리는 기초자치단체가 하고 있어 효율적 운영이 사실상 불가능하다. 하수처리서비스의 파급범위는 정주권역, 책임구역은 기초단위로 되어 있어, 기초자치단체간의 이해상충으로 광역하수도정비 기본계획이 제대로 수립되고 있지 않으며, 광역시설들에 대한 계획이라도 개별관할구역별로 수립·추진하고 있다.

지자체의 사업신청이 이루어져야 사업이 추진됨으로써 각 지자체의 예산사정, 수질개선

---

의지에 따라 지자체간 하수처리율에 많은 차이를 나타낸다.

환경부의 「하수도정비 기본계획 수립지침」에 따른 지자체간 하수처리시설 건설사업 추진의 협조 및 조정이 제대로 이루어지지 않아 사업추진 지연과 예산낭비가 발생하고 있다.

또한 하수처리장 용량에 여유가 있어 인접지역의 하수를 추가 처리할 수 있는 경우, 지자체간 계약에 의해 유입처리하는 경우도 있으나 NIMBY 문제 등 원활한 협조의 장애요인이 존재한다.

#### ○ 하수도사업 운영구조의 문제점

지금까지 하수처리 서비스의 공급을 지방자치단체가 중심이 되어 수행해 오면서, 실제로 하수도사업은 지자체 행정업무의 일부와 같이 수행되어 왔다. 산업에 대한 관리적 측면에서 이러한 체계는 몇가지 문제점을 나타내고 있다.

먼저, 하수도사업에 대해 지방자치단체가 운영의 책임을 지고 있으므로 생산자와 규제자가 동일하게 되어 적정한 경제적·환경적 규제가 이루어지기 어려운 문제가 있다. 경제적 효율성에 대한 평가나 통제가 없으며, 비정상 가동시에도 단속 및 제어수단이 없어, 개별공장시설보다 상대적으로 오염부하량이 크나 배출부과금 부과대상에서도 제외되어 있다.

근본적으로, 수요에 비해 공급이 부족한 시설의 신속한 확장과, 기본적인 서비스로서의 준공공제적 성격에 대한 고려가 지금까지 하수도사업 운영의 중심 주제였다.

따라서 현대사회의 필수적인 서비스인 하수처리 서비스를 효율적으로 공급하기 위한 산업정책적 고려는 매우 제한적인 수준에서만 이루어졌다.

하수도사업은 하수로 배출한 오염물질의 효과적인 처리라는 서비스를 공급해 주는 사업으로서, 하수의 적정 처리를 통한 환경오염 방지 등 환경의 관리체계와 밀접하게 연계되어 있는 한편, 배출된 하수를 배출자를 대신하여 적정하게 처리해 주는 서비스를 공급하는 ‘산업’으로서의 성격이 존재한다.

그러므로 하수도사업은 수자원 관리체계와 연계하여 합리적인 처리 시스템을 갖추도록 해야함과 더불어, 서비스의 효율적 공급을 위한 적정 산업정책이 병행해서 이루어져야 할 것이다.

이에선 하수처리시설 특성에 따른 적정 처리체계 및 산업적 구조에 대한 정책, 공급의 체계에 따른 적정 기구적 구조 (Institutional Framework)와 관리구조 (Governance Structure) 정비 문제가 포함된다. 특히 하수도사업은 다른 환경기초시설 서비스산업과 같이 지역적 자연독점의 성격을 지니고 있어 적정한 규제 및 경쟁정책이 중요하다.

특히, 하수도사업에 대한 민간부문 참여제도가 적극적으로 도입되고 있어, 생산자와 공

급자의 분리, 생산자와 규제자의 분리가 명확하게 이루어지는 관리구조가 이루어지는 체계로 추진되고 있으므로, 적절한 기구적 구조 및 관리구조가 더욱 중요하게 부각된다.

최근에는 시설 확충을 위한 재원과 시설운영능력, 선진기술의 도입 등을 목적으로 외국 자본의 유치도 계획하고 있으므로 하수도사업을 포함한 환경기초시설 서비스산업에 대한 이러한 관리구조 확립은 시급한 문제이다.

## 2.

앞에서 분석된 하수도사업의 문제점을 요약하면 다음과 같다.

하수도시설을 포함한 환경기초시설 대부분이 전문성이 부족한 지방자치단체의 공무원 조직으로 운영관리되고 있어 (i) 환경기초시설의 부적정 관리로 지역환경개선 효과 미흡, (ii) 시설의 비효율적 운영관리로 막대한 환경투자에 비하여 투자효과 미흡, (iii) 운영관리 요원의 과다투입 등 비경제적 관리로 운영관리비 과다소요 등의 문제가 있다.

한편, 사업구조적인 면에서, 현재 지방자치단체를 중심으로 이루어지고 있는 환경기초시설사업은 지자체의 지리적 환경 및 행정·재정적 조건 등 사업여건에 따라 공급의 질적 수준 및 경제적 측면 등에 있어 지역간에 상당한 격차를 보이고 있을 뿐 아니라, 규모의 대·소에 관계없이 지방자치단체별로 사업을 경영함으로써 규모의 경제 실현이 어려우며 환경기초시설사업의 특성에 따라 요구되는 지역간 연계가 이루어지기 어려운 문제점이 있다.

또한, 수자원의 지역간 배분의 문제나 하수배출에 따른 지역간 외부효과 문제 등 사업의 운영에 있어 지역간 조정이 필요한 문제들에 대한 합리적인 조정 및 협조가 이루어지지 않는 등 구조적인 문제점들이 부각되고 있다.

이러한 하수도사업 운영상의 문제점과, 사업체계의 구조적인 문제점에 대한 대안으로서, 하수도사업의 전문화와 사업구조의 합리적 조정이 요구된다.

하수도사업에 대한 민간부문 참여는 하수처리시설의 효율적 관리를 통해 지역환경을 획기적으로 개선하며, 민간기업의 창의성, 경영효율성을 최대한으로 활용하여 환경투자의 효과성을 증대하고자 하는 목적으로 추진되고 있는 정책이다.

특히, 하수도사업의 경우에는 선진국에 비해 여전히 낮은 하수처리율 제고를 위한 투자 수요도 상당히 있으나 정부재정에 한계가 있으며, 지방정부 주관으로 추진되는 시설설치 사업에 있어서는 최신기술 도입이 어려우며, 예산 부족으로 환경기초시설의 설치완료에



장기간이 소요되는 문제점 등이 있는데, 하수도 시설을 포함한 환경기초시설 설치에 대한 적극적인 민자유치는 중앙 및 지방정부의 재정부담을 완화할 뿐 아니라 민간기업의 환경기술개발을 유도하여 환경분야의 경쟁력을 제고하는 효과도 기대할 수 있다.

환경기초시설에 대한 민간부문의 참여는 '94년 제정된 「사회간접자본시설에 대한 민간자본유치촉진법」에 의해 시행 가능하도록 법적 근거가 마련되었으며<sup>3)</sup>, '97. 2. 환경부가 「환경기초시설 민영화 업무처리지침」을 제시하였다. 이에 따라 환경기초시설의 설치 및 운영에 다양한 형태로 민간부문 참여가 가능하게 되었으며, 구체적인 방안에 대한 지침도 갖추게 되었다. 이를 간단히 소개하면 다음과 같다.

○ 가능한 민간부문 참여형태

민자유치	민간부문이 시설설치를 위한 자본투자와 함께 시설설치 및 운영관리에 참여하는 형식 (BTO)
Turn-key	민간부문의 자본투자 없이 시설의 시설설치 및 운영관리에 참여하는 방식
위탁관리	민간부문이 시설의 운영관리에만 참여하는 방식

○ 민영화 유형

I	민자유치	○	○	○	○	새로운 시설
II	민자유치	○		○	○	
III	민간위탁관리; Turn-key 제도		○	○	○	
IV	민간위탁관리; Turn-key 제도			○	○	
V	민간위탁관리				○	기존시설

자료: 환경부, 환경기초시설 민영화 업무처리지침, 1997. 2.

3) 「민자유치촉진법」이 특혜시비를 우려하여 사업의 수익률을 제한하는 등 지나치게 경직적으로 운영되어 이를 국제기준에 적합하고 적극적 유인체계를 제공함으로써 외국투자 등 민간투자를 적극 활용하기 위하여 1998년 12월 「사회간접자본시설에대한민간투자법」으로 개정하였다.

개별법으로는, 하수도시설은 '97년 개정된 하수도법에 의해서, 그리고 상수도시설은 2001년 3월 개정된 수도법에 의해서 시설사업에의 민간부문 참여가 가능하다.

## ○ 추진단계

시·군에서 운영관리중인 시설	민자유치 등을 통해 개·보수 완료 후 시공업체 등 민간기업에 위탁관리 추진
신규로 발주하는 시설	공사입찰시 설계·시공 및 운영관리 일괄입찰제도(Turn-key)를 도입하여 시공업체의 운영관리 책임부여

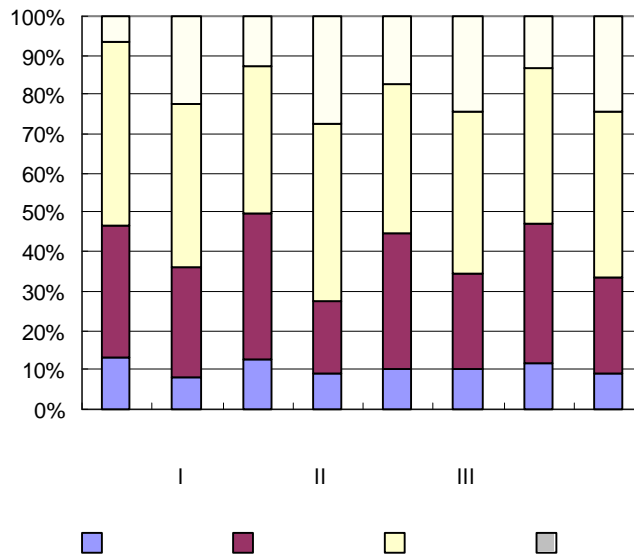
제한된 범위이지만 하수처리장에 대한 민간위탁운영이 몇 군데 지자체에서 이루어지고 있으며, 광주 하수처리장사업의 민간위탁운영 사례가 성공적인 것으로 꼽히고 있다. 그 밖에도 경기 및 충남도의 하수처리장에 대한 민간위탁운영도 추진 중에 있는 등 민간참여가 시도되고 있으며, 환경부에서는 하수처리사업에 민간참여를 촉진하기 위한 민자유치 시범사업도 추진되고 있다<sup>4)</sup>.

2001년 6월 현재 전국 지방자치단체의 하수종말처리시설 중 민간에 위탁하여 운영하고 있는 시설은 91개 시설에 9,836.0천톤/일이다. 이는 시설수로는 전체 하수처리시설의 52.9%, 처리시설 용량면에서는 전체 하수처리시설용량의 53.5%에 해당한다. (하수종말처리시설 민간위탁운영 현황은 부록 참조)

참고로, 2000년도 하수종말처리시설 운영관리실태 평가결과를 민간위탁시설과 직영시설을 구분하여 살펴보면 다음 그림과 같다. 전체적으로 위탁시설이 직영시설에 비해 다소 우수하게 평가된 것으로 나타나고 있으나, 평가방법상의 문제나 개별시설의 위탁관리 방법 등에 대한 구체적인 분석이 없는 상황이므로 이에 대한 평가는 유보하기로 한다.

여기서 그룹 I은 시설용량 5만 톤/일 이상, 그룹 II는 시설용량 1만 톤/일 이상~5만 톤/일 미만, 그룹 III는 시설용량 1만 톤/일 미만의 시설이다.

4) 하수도 민간투자사업 추진의 효율성과 투명성 제고를 위해 2001. 10. ‘하수도사업 민간투자 업무처리 일반지침’을 제정하였다.



< 6> 2000 가

환경부에서는 하수처리장 건설이 시급하나 지방비 확보가 어려워 처리장 건설이 지연되고 있는 15개 시·군 20개 사업을 대상으로 민자를 유치하여 하수처리장을 건설키로 하는 민자유치 시범사업 시행계획을 수립하였다(1998. 4.). 2000년말 현재 총 투자비 36,793억원, 민자유치 가능액 17,504억원을 목표로 전국 68개 하수처리시설에서 민자유치를 통한 하수처리시설 건설사업을 추진중에 있다.

민자유치 시범사업은 예산부족으로 사업추진이 곤란한 지역을 대상으로 민간자본을 유치하여 하수처리장을 조기에 설치하고, 환경기초시설 민자유치제도의 보완·발전 및 파급효과를 제고함과 아울러, 신기술 평가대상 하수처리장을 민자를 유치하여 설치·운영함으로써 신기술에 대한 평가 및 보급에도 기여할 수 있도록 할 목적으로 시행한다.

시범사업 대상은 경기 이천호법, 양주신천 등 15개 시·군 20개 사업으로 총 시설용량은 167.2천톤/일이며, 전체 사업비 약 3,057억원 중 민자유치액은 약 1,537억원으로 예상하였다.

< 23>

·		( / )	( )		
15	20	167.2	3,057	1,520	1,537

사업추진방식은 2005년까지 전국에 315개 처리장을 건설키로 한 「물관리종합대책」에 포함된 12개 사업의 경우 국고지원분은 사업공정에 따라 지원하고, 지방비 부담분은 처리장 준공후 20년 분할상환을 원칙으로 하며, 물관리 종합대책에 포함되지 않은 8개 사업의 경우 100% 민자유치후 국고지원분은 준공후 5년 이내에 지급하고, 지방비는 물관리 종합대책과 동일한 방식으로 상환토록 하였다.

이러한 방식은 민자유치가 일반화된 도로·항만 등과는 달리 하수도 사용료 수준이 하수처리장 운영관리비의 50%에도 미치지 못하는 하수처리장의 특수성을 고려한 민자유치 방식이라 할 수 있다. 즉 도로, 항만의 경우 통행료 수입이 건설비 및 운영비를 충당하고도 이익이 발생할 수 있어 건설비 등의 별도 지원이 필요치 않으나, 하수처리장은 하수도 사용료 수입으로 건설비는 물론 운영비도 충당하지 못하므로 국가에서 건설비를 지원하는 민자유치방식으로 추진하는 것이다.

환경부에서는 이러한 민자유치 시범사업이 효율적으로 추진될 수 있도록 환경부, 환경관리공단 및 지자체 3자간 협약을 체결하여 환경관리공단은 시설사업기본계획 수립, 사업시행자 지정 등의 업무를 담당하고, 지자체는 사업시행에 필요한 각종 행정적 지원을, 환경부는 예산편성 및 지원 등의 업무를 담당토록 하였다.

#### < 24 >

환경부	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지방양여금 등 국고지원예산의 편성 및 지원</li> <li>- 사업추진관련 제규정의 제·개정 및 승인</li> <li>- 하수도민자사업조정위원회 설치·운영 (상하수도국장, 지방자치단체 부단체장, 공단사업이사)</li> </ul>
지자체	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지방양여금 등 국고지원사업비 확보</li> <li>- 사업실시계획 승인 및 고시</li> <li>- 처리장 및 찻집관로 부지확보를 위한 용지보상</li> <li>- 사업관련 제반 인·허가업무처리 및 민원사항 해결</li> </ul>
환경관리공단	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설사업기본계획 수립</li> <li>- 하수종말처리시설의 설계용역과 공사에 대한 관리(감독) 및 준공 확인 (처리시설기본계획 포함)</li> <li>- 하수도민자사업심의위원회 설치·운영</li> <li>- 사업계획서에 대한 검토·평가, 우선 협상대상자 선정 및 협상, 예비사업시행자 지정</li> <li>- 하수도민자사업 세부업무처리규정의 제·개정</li> <li>- 사업시행자가 제출한 실시계획서의 적정성 검토 및 확정</li> <li>- 지방자치단체가 위탁한 사업비의 관리·집행 및 정산</li> <li>- 사업시행자 지도·감독 및 제반 인·허가 이행지원</li> </ul>

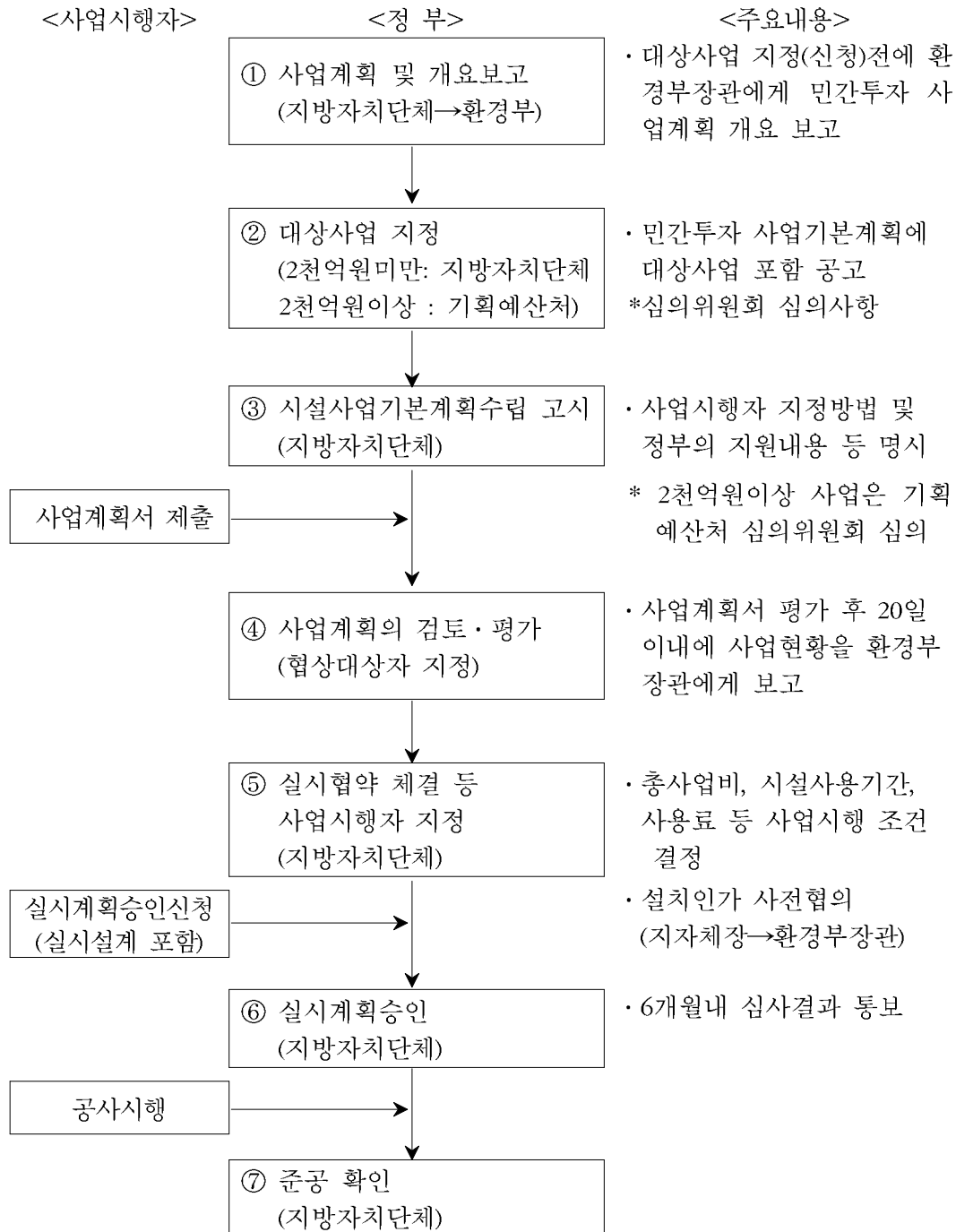
협약체결이 완료된 사업에 대해서는 각 사업별로 시설사업기본계획을 수립, 고시하게 된다. 시설사업기본계획에는 처리장의 시설용량 및 위치, 사업에 대한 정부의 요구기준, 정부의 지원기준, 사업시행자 선정방법 등이 명시되며, 사업별 시설사업기본계획 고시 후 사업에 참여코자 하는 업계에서 사업계획서를 제출하면 참여업체 중 최적격 업체를 사업시행자로 지정하게 된다.

시범사업에 대한 참여업체는 일반공개경쟁으로 선정하며, BOT (Building, Operation and Transfer) 방식으로 참여하게 된다. 예산지원 및 민자상환은 대상사업에 따라 두 가지 방식으로 구분하여 시행한다.

< 25 >

물관리종합 대책사업 (양여금 선지원)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지방양여금 : 53%</li> <li>○ 지방비 : 47%(도, 시·군비)</li> <li>※ 팔당특별대책지역 (이천 호법, 가평 현리)</li> <li>○ 지방양여금 : 70%</li> <li>○ 한강수계관리기금 (물이용 부담금) : 13%</li> <li>○ 시·군비(일반교부세) : 17%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지방양여금 : 기성에 따라 지급</li> <li>○ 도비 : 기성지원 또는 일정기간 분할 상환중 택일</li> <li>○ 시·군비 : 20년 분할상환을 원칙으 로 하되, 시·군 실정에 따라 적정 결정</li> </ul>
기타사업 (양여금 후지원)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 민 자 : 100% (민간사업자 선투자)</li> <li>- 지방양여금 : 53%</li> <li>- 지방비 : 47% (도, 시·군비)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지방양여금 : 준공후 5년 이내 상환</li> <li>○ 도비, 시·군비는 물관리 종합대책 사업과 동일</li> </ul>

추진의 절차는 다음과 같다.



< 7 >

2002년 6월 현재 민자유치대상인 15개 시·군중 12개 시·군 15개 사업중 1개 사업은 중지되었고 나머지 14개 사업에 대해 협약체결이 완료되었으며, 현재 2개 사업이 실시협상중이며 7개 사업이 실시설계중, 3개의 사업이 공사시행중에 있고, 1개 사업은 시설사업기본계획 고시중이며 1개 사업은 환경부 설치인가 신청 준비중에 있다.

(단위 : 천톤/일, 억원)

·	·		( / )		( )	( )		
계		15개소	167.2		3,057	1,537		
경기	양주군	신 천	70.0	'99~2004	824	247	정부고시	실시설계중
		장 흥	3.0	'99~2004	155	155	"	"
		곡 릉	2.0	'99~2004	105	105	"	"
	이천군	호 법	3.5	'99~2003	98	29	"	공사시행중
	가평군	현 리	4.0	'99~2003	110	33	"	공사시행중
	군포시	대야동	7.0	'99~2003	200	200	"	실시협상중
충남	서천군	서 천	8.5	'99~2002	200	60	"	설치인가 신청예정
	공주시	유 구	5.2	'99~2002	158	47	"	실시설계중
		동학사	11.0	'99~2002	140	42	"	"
	보령시	대 천	21.0	'99~2003	337	337	"	실시설계중
전남	고흥군	도 양	10.0	'99~2002	200	60	"	실시설계중
	곡성군	옥 과	3.0	'99~2003	90	90	"	기본계획고시중
경북	문경시	가 은	10.0	'98~2001	200	60	"	공사시행중
	구미시	선 산	5.0	'99~2003	130	39	"	실시협상중
	봉화군	봉 화	4.0	'98~2001	110	33	"	사업보류 (중지)

상하수도시설에 대한 민간부문 참여는 시설확충에 필요한 재원의 민간부문 조달과 민간부문의 전문적인 운영관리 능력을 활용하여 시설운영의 효율성을 제고하는 효과를 기대하고 추진되고 있다. 그러나 그러한 성과를 효과적으로 달성하기에는 민간참여체계와 추진기반의 구조적인 문제점이 제한요소가 될 수 있는 것으로 분석된다. 이를 간략히 논의해보면 다음과 같다.

○ 단위시설사업 중심의 민간참여체계

취·정수장과 상수관망, 하수관망과 종말처리장과 같이 두 개 이상의 시설간 상호 연계

설치 및 운영이 전체 운영효율을 결정하는 경우 현재와 같은 단위시설사업 중심의 민간참여체계는 효율성 제고에 한계를 가져오게 된다. 동종시설의 경우에도 유지관리인력의 활용의 (규모의) 경제성 등 추구가 어렵다.

여러 시설을 연계하여 일괄 민영화하는 경우 민간사업자는 이들 시설을 하나의 시스템 관점에서 운영할 수 있어 운영효율 개선 가능성이 높아질 수 있다.

#### ○ 민간사업자 참여의 경제성

상하수도시설을 포함한 환경기초시설은 투자 회임기간이 길고 투자위험이 높은 특성을 지니고 있어, 민간투자사업의 수익성을 어느 정도 보장해 줄 수 있는 유인의 제공이 필요하다. 특히 가장 안정적 투자비 회수원인 사용료 수준이 비용에 미치지 못하게 설정되어 있어 지자체가 보조를 하더라도 미래수입의 불확실성이 그만큼 높음을 의미한다.

현행 공공사업 투자수익률은 10% 정도이나, 민간사업은 채원조달 방법에 있어 공공부문 조달보다 높은 이자율이 적용되고, 하수처리사업은 막대한 초기투자 및 긴 계약기간에 의한 위험이 다른 사업에 비해 높은 편임을 감안하여 수익성 보장을 위한 조치가 이루어져야 할 것이다.

#### ○ 구조적 조정의 필요

지금까지 공공부문에 의해 상당한 정도의 보조가 이루어져 온 (즉, 정책적 고려에 의해 상당한 간섭이 이루어져 온) 상하수도사업에 대해 경제성에 의해 운영되는 민간부문을 참여시킴에 따라 구조적인 조정(adjustment)이 이루어져야 하는 부담이 있다. 먼저, 상하수도사업이 사업 자체로서 경제성을 갖도록 하여야 한다. 이는 상하수도 요금이 상하수서비스 공급에 소요되는 비용을 충족시킬 수 있도록 현실화되거나, 그렇지 않으면 민간사업자에 대한 지불과 사용요금의 부과가 분리 운영될 수 있도록 지자체 일반재정에서의 상하수도사업 보조를 공식화하여야 함을 의미한다.

다른 한편으로, 민간부문 참여에 따라 지방자치단체 상하수도사업 관련 인력이 다른 업무로 전환되거나 감소되어야 하는 조정이 필요하며, 민간사업자를 관리할 수 있는 규제적 조직으로 개편하는 등 구조조정이 필요하다. 인력전환 문제는 민간부문 참여와 관련되어 공공부문의 저항을 가져오는 가장 중요한 요인이 되고 있으며<sup>5)</sup> 현재의 체계가 이러한 조

5) 하수처리시설 민간위탁 사례에서도 지자체 인력감축 문제에 대한 대책이 수립되지 않아, 기존 하수처리시설 인력이 지자체 잉여인력으로 남은 문제가 노정되었다.



---

정체계를 온전히 갖추지 못하고 있는 것이 민간부문 참여의 실행에 제약 (barrier)이 되고 있다.

○ 지방자치단체의 민간사업자 관리능력

현 민간부문 참여체계에서는 지자체가 상하수도 서비스 공급의 주체로서 생산자인 민간사업자와 수급계약을 맺고, 사후적으로도 관리해야 한다. 따라서 이에 대한 전문적인 능력과 인력을 갖추지 못한 지자체가 민영화 초기의 의사결정, 민간사업자와 구체적 협상 및 계약, 그리고 민간사업자를 사후관리 하는 전 과정을 담당하는 것이 지자체에 큰 부담이 되고 있다. 또한 민간사업자 관리체계 (governance structure)의 미비 및 비 전문성은 민간사업의 성과의 효과적인 제고를 어렵게 하는 요소가 된다. 따라서 전문적인 자문기관 혹은 독립적인 전문 규제기관으로 하여금 민간사업자를 관리하도록 함으로써 규제의 전문성을 제고하고, 지자체의 부담을 경감시키는 방안<sup>6)</sup>이 고려되어야 할 것이다.

○ 시설산업 여건

국내 시설산업(설계, 시공, 운영 포함)이 충분히 성숙되지 못하여, 잠재적 사업참여자의 경험 및 능력이 부족한 것도 민간참여 활성화의 저해요인이다.

지금까지 지방자치단체가 주체가 되어 운영을 해 왔으며, 일부 환경관리공단에 운영을 위탁하는 경우들이 있을 뿐이었으므로, 특히 운영부분은 국내사업자들의 경험이 거의 없다. '98년부터 하수처리시설에 대한 민간위탁관리 형태의 민간참여가 시행되기 시작하여, '01년 1월 현재 82개 시설이 위탁관리되고 있으나 아직은 경험이 일천하다.

---

6) 현재 이 문제에 대한 개선방안으로 '처리단가를 전문기관의 자문을 통해 결정하고 매년 물가인상 등을 감안하여 조정'하는 방안이 고려되고 있는데, 결정의 원칙과 표준이 제공되고 과학적이고 일관성 있는 적용이 이루어지지 않는 한 지속적인 분쟁과 합의달성이 어려울 가능성이 있다.

< 1>

## [1] SOC

국민의 쾌적한 환경에 대한 욕구에 부응하고 최근의 국제동향에 능동적으로 대처하기 위해서는 환경기초시설의 선진국 수준 유지가 필요하다. 이를 위해서는 대폭적인 투자가 필요하나, 환경투자재원 확보에 한계를 나타내고 있다.

투자재원의 조달방안으로는 정부 재정에서 부담하는 방안, 원인자 부담 원칙에 의한 투자재원 충당방안, 공채, 차관, 목적세 신설 등의 방안이 있으며, 사회간접자본(SOC) 개념에 의한 민간투자유치방안도 하나의 방안으로 고려할 수 있다.

투자소요에 대한 재원확보방안의 하나로 고려되고 있는 민간자본 도입방안은 민간기업의 참여가 가능한 시설설치사업에 민간의 참여를 촉진하여 민간자본을 적극 유치, 창의적이고 효율적으로 환경기초시설을 확충·운영토록 도모하기 위한 것이다. 이를 위한 법적 근거로서, 사회간접자본시설 확충을 위한 민자유치촉진법이 1994년 8월에 제정되어 1995년부터 시행되었으나 특혜시비를 우려하여 사업의 수익률을 제한하는 등 지나치게 경직적으로 운영되어 이를 국제기준에 적합하고 적극적 유인체계를 제공함으로써 외국투자 등 민간투자를 적극 활용하기 위하여 1998년 12월 「사회간접자본시설에대한민간투자법」으로 개정하였다.

「

」

「사회간접자본시설에대한민간투자법」은 사회간접자본시설분야에 민간의 참여를 촉진하여 창의적이고 효율적으로 사회간접자본시설을 확충·운영하도록 하기 위하여 다양한 사회간접자본시설에 공통적으로 적용될 수 있는 민간자본유치의 절차와 방법, 수익성과 경영권의 보장 및 조세감면 등 각종 지원에 관한 사항을 규정하고 있다. 「SOC 민간투자법」의 주요내용은 다음과 같다.

- 민간투자방식으로는 건설·기부채납후 운영(BTO) 방식, 건설·소유운영후 기부채납(BOT) 방식, 사업시행자에게 시설의 소유권이 인정되는 방식(BOO), 기타 주무관청이 수립한 민간투자시설사업기본계획에 제시한 방식으로 추진한다. (제4조)
- 민간투자사업과 관련된 중요 사항을 심의하기 위하여 기획예산처에 민간투자사업심의위원회를 설치하도록 한다. (제5조 및 제6조)
- 정부는 국토의 균형개발과 산업의 경쟁력 강화 및 국민생활의 편익증진을 도모할

---

수 있도록 사회간접자본시설에 대한 민간투자기본계획을 수립하도록 하고, 계획에는 분야별 민간투자 정책방향 및 대상사업, 민간투자사업 또는 대상사업의 투자범위, 방법 및 조건, 민간투자사업의 관리 및 운영·지원에 관한 사항 등 사회간접자본시설에 대한 민간투자를 촉진시키기 위한 중요 정책사항이 포함되도록 한다. (제7조 및 제8조)

- 사회간접자본시설사업의 업무를 담당하는 각 행정기관의 장은 사회간접자본시설사업의 추진을 위하여 민간부문의 투자가 필요하다고 인정하는 때에는 민간투자시설사업기본계획을 수립하여 고시하도록 하고, 계획에는 민간투자대상사업의 투자소요, 건설기간, 예정지역 및 규모, 수익성 보장 및 추진방식, 지원사항 등이 포함되도록 한다. (제10조 및 제11조)
- 주무관청은 민간투자사업의 사업계획을 제출한 자 중 협상대상자를 지정하고 사업시행조건 등이 포함된 실시협약을 체결함으로써 사업시행자를 지정하고 실시계획을 승인한다. 실시계획이 고시된 때에는 다른 법률에 의한 각종 인·허가를 받은 것으로 보아 민간투자사업이 원활히 추진될 수 있도록 한다. (제13조, 제15조 및 제17조)
- 사업시행자는 필요한 경우 사업예정지역안의 토지 등을 수용 또는 사용할 수 있으며, 토지매수업무, 손실보상업무, 이주대책사업 등의 시행을 주무관청에 위탁할 수 있도록 한다. (제18조, 제19조 및 제20조)
- 사업수행자가 민간투자사업을 시행함에 있어서 그 사회간접자본시설의 투자비 보상 또는 정상적인 운영을 도모하기 위하여 필요한 경우에는 부대사업을 함께 시행할 수 있도록 하고, 실시계획이 고시된 때에는 그 부대사업과 관련되는 각종 인·허가를 받은 것으로 보아 동 사업이 원활히 추진될 수 있도록 한다. (제21조)
- 민간투자사업과 관련된 대상사업의 선정, 사업의 타당성 분석 및 사업계획 평가 등의 업무를 종합적으로 수행하기 위하여 국토개발원에 “사회간접자본시설에 대한 민간투자지원센터”를 설치한다. (제23조)
- 민간투자사업의 추진 방식에 따라 사업시행자는 사회간접자본시설을 일정기간 무상사용·수익, 또는 소유·수익할 수 있고, 타인에게 사용하게 하여 사용료를 징수할 수 있다. (제25조)
- 민간투자사업자금의 용자를 받고자 하는 사업시행자의 신용을 보증하기 위하여 정부 및 지방자치단체 또는 그 외의 자로부터 출원금 및 보증수수료 등으로 구성된 산업기반신용보증기금을 신용보증기금에 설치하여 관리·운용하도록 한다. (제30조)

및 제31조)

- 국가, 지방자치단체, 정부투자기관 등 공공부문이 민관합동법인에 출자할 경우에는 50%미만으로 지분을 제한하고 그 주식에 대하여는 원칙적으로 의결권을 행사하지 못하도록 한다. (제52조 1항 및 2항)
- 사회간접자본시설에 대한 민간의 투자를 촉진하기 위하여 관련 법률이 정하는 바에 의하여 농지전용부담금, 개발부담금 등의 부담금과 조세를 감면할 수 있도록 한다. (제56조 및 제57조)

사회간접자본시설에 대한 민간투자법에서 민간부문의 참여를 촉진하기 위하여 마련해 놓고 있는 제도적 지원사항은 다음의 표와 같이 요약할 수 있다.

< 27 >

경제적 유인 제도	대부 채권	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요한 경우 사업시행자에게 장기대부 할 수 있도록 함.</li> <li>- 사업시행자는 외국환거래법 및 외국인투자촉진법이 정하는 법에 따라 외국차관을 도입할 수 있고, 공공법인은 채권을 발행할 수 있도록 함.</li> </ul>
	보조금	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요한 경우에는 사업시행자에게 보조금을 교부할 수 있도록 함.</li> </ul>
	배당의 특례	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 민·관 합동법인은 이익을 배당함에 있어 중소기업 또는 소액주주의 보호 등 필요하다고 인정되는 경우 공공부문에게 지급할 배당금의 전부 또는 일부를 민간 부문 주주에게 지급할 수 있도록 함.</li> </ul>
	세금 · 부담금 감면	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 또는 지방자치단체는 민간투자를 촉진하기 위해 조세특례제한법이 정하는 바에 의하여 소득세 · 법인세 등의 각종 세금을 감면할 수 있도록 함.</li> <li>- 민간투자사업의 시행을 위하여 사업예정지역안에 있는 농지 또는 산림의 전용이 필요한 경우 사업시행자에게 전용부담금과 대체농지조성비 또는 대체조림비를 부과하지 아니할 수 있고, 「수도권정비계획법」이 정하는 개발부담금 또는 과밀부담금을 감면할 수 있도록 함.</li> </ul>
	보증	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 민간투자사업자금의 용자를 받는 사업시행자의 신용을 보증하기 위하여 산업기반 신용보증기금을 설치할 수 있도록 함.</li> </ul>

SOC 민간투자법 상에서 민간투자의 대상이 되는 환경기초시설은 다음과 같다.

- 댐건설및주변지역지원등에관한법률 제2조의 규정에 의한 다목적댐
- 수도법 제3조제5호의 규정에 의한 수도\*
- 하수도법 제2조제2호의 규정에 의한 하수도 및 동법 제2조제5호의 규정에 의한 하수종말처리시설
- 수질환경보전법 제25조제1항의 규정에 의한 폐수종말처리시설
- 오수·분뇨 및 축산폐수의처리에관한법률 제2조제9호의 규정에 의한 분뇨처리시설 및 동법제10호의 규정에 의한 축산폐수공공처리시설

\* 수도법 제3조제5호의 규정에 의한 수도 : 원수 또는 정수를 공급하기 위한 취수·도수·정수·송수·배수시설, 급수장치 기타 수도에 관련된 시설 포함.

수도사업은 지방자치단체의 고유한 업무이므로 수도시설에 대한 민간투자사업 시행의 주무관청은 각 지방자치단체이다.

사회간접자본시설에 대한 민간투자법은 광범위한 사회간접자본시설을 대상으로 하고 있으며, 전반적이고 개괄적인 민간투자의 방법 및 절차만을 다루고 있으므로 수도 시설을 포함한 환경기초시설에 대해 민간투자를 추진할 경우 시설 및 시설이 제공하는 서비스의 특성을 고려하여 구체적인 민간투자 방법으로 적용되어야 할 것이다.

민간투자사업은 정부에 의해 대상사업으로 고시된 사업뿐 아니라 민간부문에서 정부고시사업 외에 민간투자방식으로 추진가능한 사업으로 제안한 사업도 대상이 될 수 있다. 각 사업의 민간사업 추진체계를 살펴보면 다음과 같다.

민간투자법에 의한 정부고시사업의 민간사업 추진은 <그림 8>과 같은 과정으로 이루어진다.

상하수도시설에 대한 민간투자는 지방자치단체가 주도하게 되나 사회간접자본시설에 대한 민간투자법의 적용대상이 되는 시설로, 민간투자사업과 관련되는 주요정책과 일정규모(2천억원) 이상의 사업에 대한 사업시행자 선정 등 주요사항은 기획예산처에 설치·운영되는 민간투자사업심의위원회의 심의를 받는다. 민간의 제안사업도 총사업비가 일정규모(2천억원) 이상일 경우에는 위원회의 심의를 거친다.

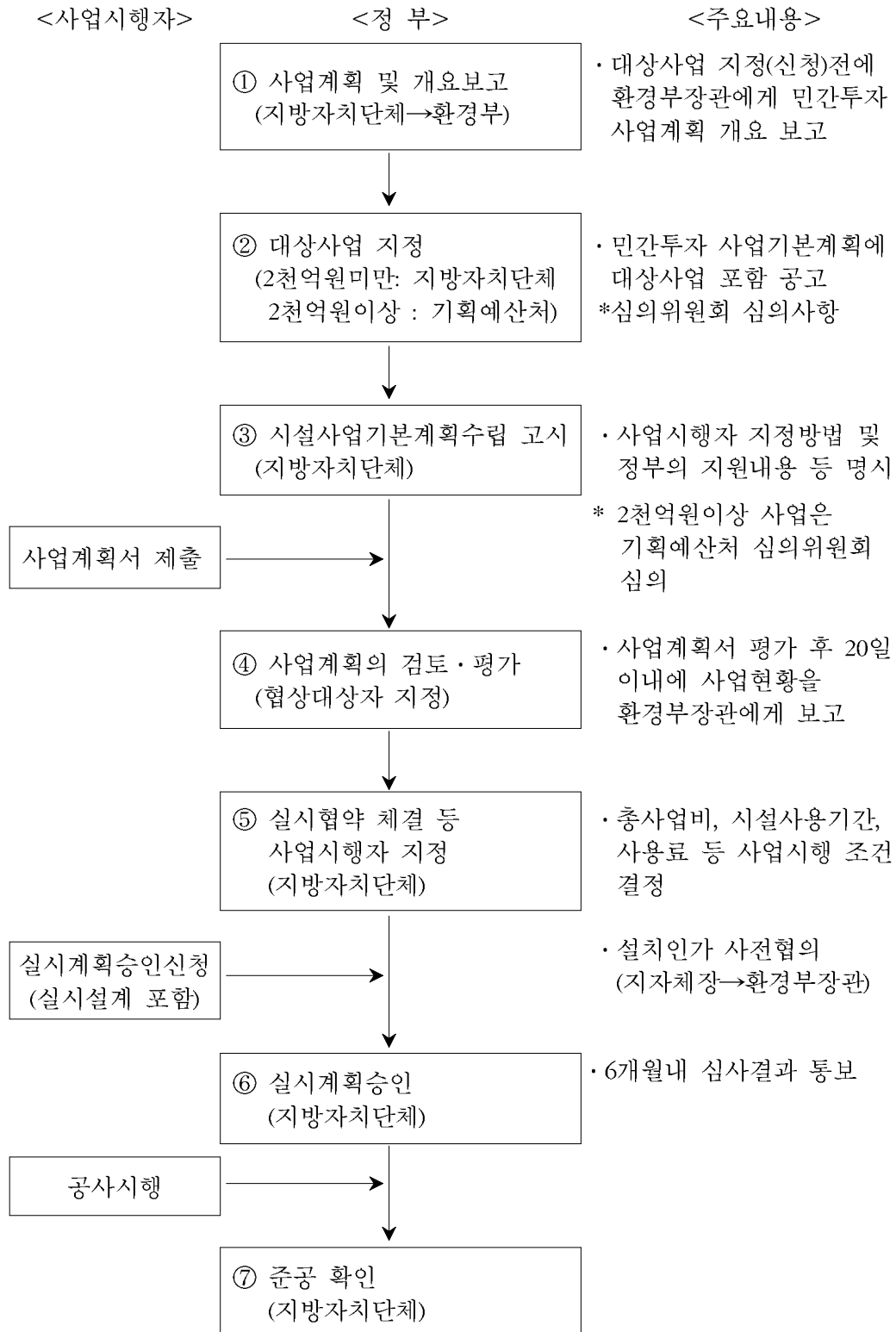
사업시행자 지정에 있어서도 총사업비가 2천억원 이상인 사업 등은 위원회의 사업계획 심의를 거쳐야 한다. 그러나 지역의 상수도 및 하수도사업을 위한 시설의 경우 투자규모가 이러한 범위에 해당되지는 않을 것으로 추정되므로 대부분의 사업이 지자체의 민간투자사업계획의 일반적 지침에 따라 자체적으로 추진하는 경우에 해당될 것으로 보인다.

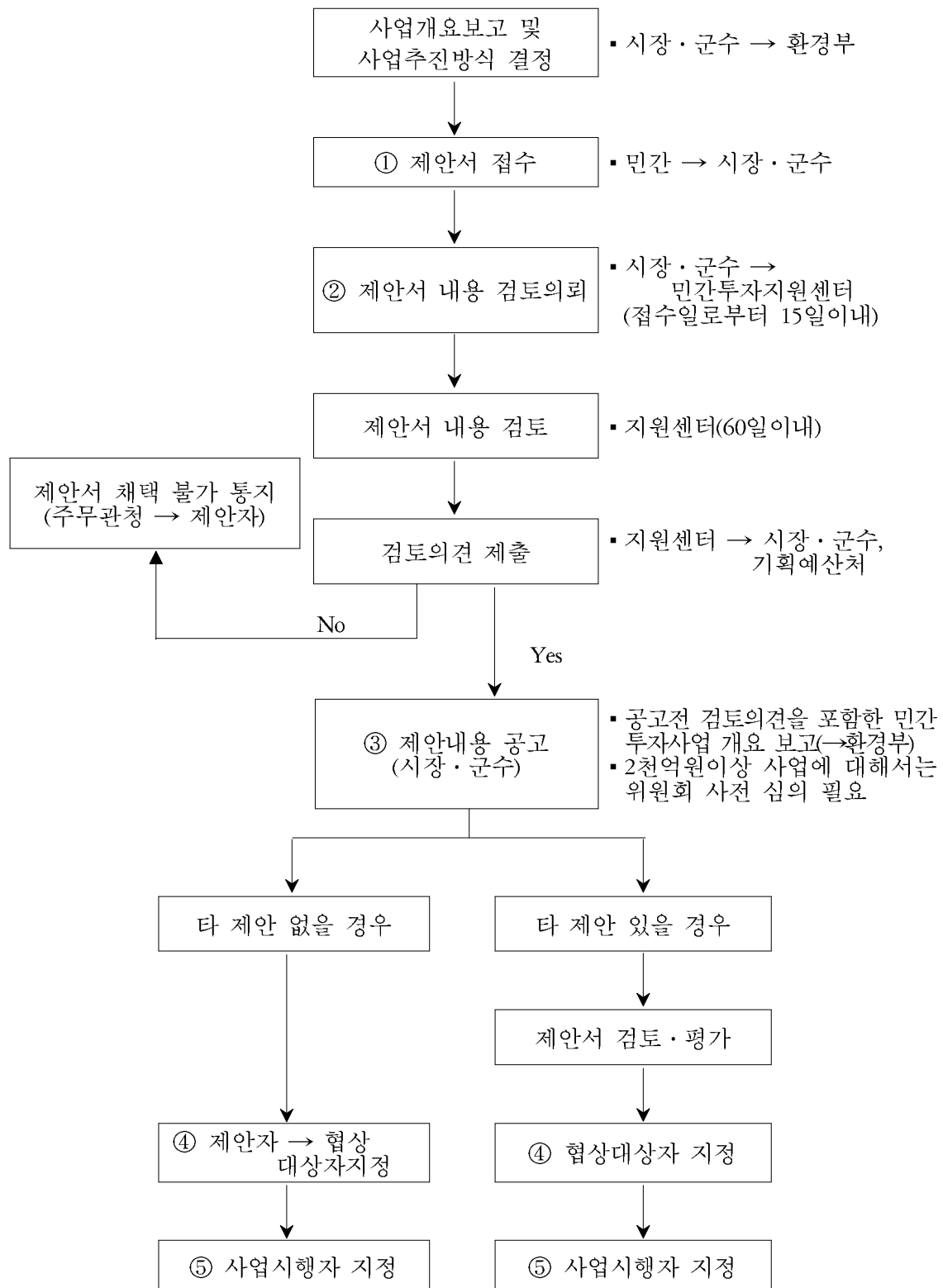
따라서 지자체가 수도시설사업의 기본계획을 수립하여 고시하며 민간사업자가 제출한 사업계획서를 심사하여 사업자를 선정, 시설사업을 시행한다.

한편, 민간투자법 이외의 개별법에 의한 절차와 방식에 의해서도 해당시설에 대한 민간투자가 원활하게 추진될 수 있을 경우에는 개별법에 따라서도 사업추진이 가능하다. 하수도법과 '01. 3. 개정된 수도법에도 상하수도사업에 대한 민간부문의 참여를 가능하게 하는 규정이 있다.

민간부문은 민간투자법 제2조 제1호에서 정한 사회간접자본시설로서 정부고시사업으로 선정·고시되지 않은 사업 중에서 민간투자방식으로 추진이 가능한 사업을 시장·군수에게 제안할 수 있다. 민간제안사업의 채택은 일반적으로 정부고시사업 선정기준에 따라 결정하게 되지만, 건설·운영단계에서 공사비 또는 시설의 운영유지비를 절감하거나, 환경에 미치는 부정적 영향을 감소시킬 수 있는 설계·공법·기술을 적용하는 경우, 국내외에 독점적 권리를 가지고 있거나 지적재산권으로 보호되고 있는 공법이나 기술을 적용하는 경우, 그리고 정부의 재정지원을 요구하지 않는 경우에는 우선적으로 고려된다.

민간투자법에 의한 민간제안사업의 추진은 <그림 9>과 같은 과정으로 이루어진다. 민간부문이 제출한 민간제안사업은 민간투자지원센터에 제안서 내용의 검토를 의뢰하고, 민간투자지원센터에서 제출한 검토의견 등을 고려하여 추진여부를 결정한다. 추진이 결정되면 주무관청이 제안내용을 공고하게 되는데, 최초 제안자는 사업계획 평가시 총평가점수의 10% 이내에서 우대점수를 부여받을 수 있으며 공고시에 이를 미리 정한다. 공고에 따라 제3자에 의한 제안서의 제출이 있는 경우 최초제안자의 제안서와 제3자의 제안서를 검토·평가한 후 협상대상자를 지정하며, 다른 제안이 없을 경우에는 최초의 제안자를 협상대상자로 지정한다. 실시협약체결 등 사업시행자 지정과, 실시계획의 승인 신청 및 승인, 그리고 공사시행 및 준공확인 등의 절차는 정부고시사업과 동일하게 추진된다.







지자체가 수립하여야 할 시설사업 기본계획의 주요 내용은 다음의 표와 같다.

지자체는 지역내의 수도시설 수요를 예측하고, 기존시설의 용량을 고려하여 새로이 확충이 필요한 처리시설에 대해 계획한다. 지자체의 재정상태와 제도적으로 지원가능한 사항을 고려하여 민간사업자 참여의 형태와 공공부문의 지원사항을 결정한다.

사업시행자의 자격 및 선정기준은 민간사업자의 능력을 평가하는 객관적인 평가기준과 지자체의 특성에 따라 시설계획을 평가하는 사업평가기준으로 제시한다.

해당시설에 대한 개략적인 경제성을 평가하여 시설사업의 수익성을 사전에 평가함으로써 민간사업자의 사업계획서와 요금 수준 등 계약사항에 대한 기준으로 삼을 수 있다.

< 28 >

사업 개요	사업규모, 사업예정지역의 범위 및 위치, 투자소요, 건설기간, 적용기술 등
사업시행자 자격	사업시행자의 구성, 시설의 운영능력·경험, 재정능력 등
사업의 수익성	수요추정, 요금수준 등 사업에 대한 개략적인 경제성 평가
부대사업	부대사업의 범위 및 운영지침
정부 지원	조세·부담금 감면 및 금융지원, 토지수용과 기타 절차상 의제사항 등
사업시행자 선정방법	사업계획서의 평가요소와 주요한 평가기준
기타 사업계획서의 형식, 각종 양식 및 사업계획서의 제출시한 등	

민간사업자의 선정은 주무관청(지방자치단체)의 사업신청자가 제출한 사업계획서 평가를 통해 이루어진다. 사업계획 평가의 내용과 사업시행자 지정의 방법은 다음의 표와 같다.

주무관청은 사업계획을 평가할 때 사업계획평가단을 구성·운영해야 하며, 또한 민간투자지원센터장이 지정하는 자를 사업계획평가단에 참여시킬 수 있다.

## &lt; 29&gt; 가

사업시행자의 구성	사업시행자의 구성형태
사업계획의 타당성	사업비의 규모, 건설기간, 건설입지, 시설의 내용 등
자금조달계획	자체자금 조달능력, 차입금의 조달능력 등
사업의 경제성	사용료, 사용량, 무상사용기간, 할인율, 부대사업의 규모 등
용지확보계획	용지의 확보정도 및 확보계획의 타당성
공사시의 적용기술	최저요구 기술수준의 충족도 및 최신공법의 적용여부 등
시설의 관리능력	시설의 유지·보수계획의 적정성, 관리·운영계획의 적정성 등
사회적 편익에 대한 기여도	시설이용자 등에 대한 편익제공정도

주) 민간의 제안이 주무관청의 시설사업기본계획에 반영된 경우, 주무관청은 제안의 독창성이 인정되는 경우에 한하여 전체평점의 10%이내에서 가점을 부여할 수 있음.

## &lt; 30&gt;

공개경쟁	사전자격심사에서 자격요건에 부합되는 사업신청자를 대상으로 공개경쟁에 의해 지정하는 방법
협 상	사전자격심사를 거친 소수의 사업신청자 중에서 주무관청이 협상의 방식에 의해 가장 적합한 조건을 제시하는 사업자를 사업시행자로 지정하는 방법

사업자 선정의 방법은 시설계획과 민간의 진입규모에 따라 상이한 형태로 이루어질 수 있다. 즉, 대규모 소수사업의 경우는 처리요금 수준을 포함한 사업자 사업계획을 기초로 하며, 사업자 기술능력, 경영능력, 서비스 품질에 대한 평가를 통해 사업자를 선정하되 협상(negotiation)을 통해 가장 적합한 조건을 제시하는 사업자를 선정한다. 반면에 소규모 다수사업의 경우에는 사업자의 시설계획 평가, 사업자 기술능력, 경영능력 평가 및 서비스 품질 (계약사항) 등을 평가함으로써 경쟁을 통해 사업자를 선정한다.

시설 사용료는 민간투자시설의 추진방식에 따라 건설·기부채납후 운영(BTO) 방식은 실시협약에 명시된 총사업비 범위내에서 시설 준공후 일정기간동안 무상 사용·수익할 수

있으며, 건설·소유후 기부채납(BOT) 방식은 총사업비 범위내에서 시설 준공후 일정기간 동안 소유·수익할 수 있다.

시설을 타인에게 사용하게 하였을 때의 사용료는 시설의 총사업비, 적정수익률, 무상사용기간 또는 소유·수익기간 등을 고려하여 실시협약에서 정하게 된다.

수익기간은 총사업비 범위안에서 무상사용기간 또는 소유·수익기간중의 운영수익, 부대사업을 통한 예상순이익 및 재정지원 효과 등을 고려하여 산정한다.

$$\sum_{i=0}^n \frac{CC_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{OR_i - OC_i}{(1+r)^i} + \sum_{i=0}^n \frac{ANR_i}{(1+r)^i}$$

여기서,

$n$  : 시설의 준공시점

$N$  : 무상사용기간 또는 소유·운영기간의 종료시점

(단, 민간에게 소유권이 영구귀속되는 시설인 경우는 분석대상 기간)

$CC_i$  : 시설의 준공을 위해 매년도 투입되는 비용 (정부재정지원금액 제외)

$OR_i$  : 매년도 운영수입

$OC_i$  : 매년도 운영비용

$ANR_i$  : 부대사업으로 인한 매년도 순익

$r$  : 사업의 실질수익률 (IRR)

## [2]

민간투자법에서는 효율적인 민간사업자의 참여를 촉진하기 위해 다양한 제도적 지원사항을 마련해 놓고 있는데 (<표 31> 참조), 가능한 재정지원책을 보다 자세히 살펴보면 다음과 같다.

대규모 자금이 장기간 소요되는 사업특성을 지닌 사회간접자본시설 사업의 재원조달을 지원하기 위해 채권 이자소득에 대한 분리과세 기간확대 및 세율인하 등을 내용으로 하는 장기채권인 사회간접자본채권 발행이 가능하도록 하고 있다. 채권의 발행자는 은행법에

의하여 설립된 금융기관, 한국산업은행, 중소기업은행, 장기신용은행 등이며, 사업연도 종료후 2월 이내에 전년도에 사회간접자본 발행액 및 발행조건 등에 관한 사항을 기획예산처장에게 보고해야 한다.

사업시행자가 민간투자사업 시행으로 조성한 토지, 건물 등을 양도하여 발생하는 소득에 대해 양도소득세 또는 특별부가세액의 50%를 감면한다(2003. 12. 31까지 한시적용, 조세특례제한법 제78조제10호).

사업시행자가 민간투자사업에 투자시 투자액의 8%를 투자준비금으로 인정하여 법인세 부과시 손금으로 처리한다(2003. 12. 31까지 한시적용, 조세특례제한법 제28조).

차입금이 과다한 법인이라도 사업시행자에게 직접 출자하여 취득하는 주식가액에 상당하는 차입금의 이자는 손금으로 인정한다(조세특례제한법 제129조).

민간투자사업 수행을 위한 수도권내에 신설되는 법인에 대하여 등록세 3배 중과세에 대한 예외를 인정한다(지방세법 138조 제1항). 또한 건설·소유운영 후 기부채납(BOT) 사업의 경우 취득세·등록세를 면제한다(지방세법 제106조 및 제126조 제2항).

수도사업과 관련된 부담금 감면조항을 개별법에서 찾아보면 다음과 같다. 우선, 농지조성비는 수도, 하수도 및 하수종말처리시설, 어항시설, 전기통신시설에 대하여 50%를 감면한다(농지법 제40조 3항, 농지법시행령 제57조 별표2, 농지법시행규칙 제44조 2항).

대체조림비는 다목적댐과 전원설비, 청소년수련시설에 대하여는 전액 면제하고 수도, 하수종말처리시설, 폐수종말처리시설, 분뇨처리시설 및 축산폐수공공처리시설, 재활용시설에 대하여는 50% 감면한다(산림법시행령 제24조의 2항).

국가는 아래 경우에 한해 위원회의 심의를 거쳐 예산의 범위 안에서 사업시행자에게 보조금을 교부하거나 장기대부를 할 수 있다(민간투자법시행령 제37조).

- 법인의 해산을 방지하기 위하여 불가피한 경우
- 사용료를 적정 수준으로 유지하기 위하여 불가피한 경우

---

구체적으로 지방자치단체의 재정지원이 이루어질 수 있는 경우는 (i) 과다한 용지보상비로 인하여 사업의 수익성이 저하되어 민자유치가 어려울 경우, (ii) 실제운영수입(당해시설의 수요량에 사용료를 곱한 금액)이 실시협약에서 정한 추정운영수입보다 현저히 미달하여 당해시설의 운영이 어려운 경우, (iii) 사업의 효율적인 수행을 위하여 정부가 수행하여야 할 자체 수익성이 없는 관련사업을 민자사업에 포함시켜 시행토록 하였을 경우 등이다.

사업시행자에게 민간투자사업의 시행을 촉진하기 위해 토지수용권을 부여할 수 있다(민간투자법 제20조). 사업시행자는 토지매수업무, 손실보상업무, 이주대책사업 등의 시행을 주관관청 또는 관계지방자치단체의 장에게 위탁할 수 있다(민간투자법 제20조). 이 경우 위탁조건 및 위탁수수료율 등은 사업시행자와 관계행정관청과의 협약으로 결정한다(민간투자법시행령 제18조).

민간투자사업 예정지역 안의 국공유재산은 시설사업기본계획이 고시된 날로부터 당해 사업외의 목적으로 매각할 수 없도록 하고 사업시행자에게 수익계약으로 매각할 수 있다(민간투자법 제19조 1-2항). 주무관청은 사업시행자가 사업예정지역 안의 국공유재산을 당해 사회간접자본시설이 준공될 때까지 무상으로 사용·수익하게 할 수 있다(민간투자법 제19조 3항).

국가가 장기적인 관점에서 지속적으로 보유해야 할 필요가 있는 토지 등의 국공유재산에 대하여는 사업시행자에게 시설물의 기여를 전제로 하지 아니하고 건축물 등을 축조하기 위한 사용·수익의 허가 또는 임대가능하도록 하여 국유재산법 관련조항에 대한 예외를 인정한다(민간투자법 제19조 5항).

금융기관으로부터 민간투자사업자금의 용자를 받는 사업시행자의 신용을 보증하기 위하여 산업기반신용보증기금을 설치, 운영한다(민간투자법 제30조). 이 때, 관리기관이 신용보증할 수 있는 신용보증총액의 한도는 출연금과 적립금의 합계액의 20배를 초과하지 않는 금액이다(민간투자법 제34조 3항). 사업시행자로부터 징수할 수 있는 보증료는 보증금

액의 1000분의 15을 초과하지 않는 범위 안에서 관리기관이 정할 수 있다(민간투자법시행령 제30조 1항).

### ( )

사회간접자본시설회사에 자산을 투융자하여 그 이익을 주주에게 분배하는 사회간접자본투융자회사를 설립할 수 있다. 이 회사는 증권투융자회사법의 적용을 받고 투자하는 것 이외의 영업을 할 수 없다.

투융자회사의 자산 운용범위는 사회간접자본시설사업을 시행하는 법인에 대한 출자 및 융자, 채권의 인수 등이다.

### < 31 >

설치근거 및 목적 (민간투자법 30조)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 민간투자사업자금의 용자를 받는 사업시행자의 신용보증</li> <li>- 담보력이 미약한 중소기업에 대하여 우선적으로 신용보증</li> </ul>
기금의 조성 및 운용 (법 제31조, 32조)	조성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부·지방자치단체 등의 출연금</li> <li>- 보증료 수입</li> <li>- 기금의 운용수입</li> <li>- 금융기관 또는 타기금으로부터의 차입금</li> </ul>
	운용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보증채무의 이행</li> <li>- 차입금의 원리금 상환</li> <li>- 기금의 운용·관리를 위한 경비</li> <li>- 기금의 육성 등을 위한 연구·개발</li> <li>- 금융기관 예치, 국공채 등 매입</li> </ul>
관리기관		신용보증기금
기금의 운용계획 승인절차		- 민자유치사업심의위원회의 심의를 거쳐 기획예산처장이 승인
보증한도(법 제34조 및 시행령 29조)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보증총액의 한도 : (출연금+적립금)의 20배</li> <li>- 개별 사업시행자 보증한도 : 1천억원 이내</li> </ul>

.

민간투자사업 추진과정에서 당면하는 각종 업무를 행정적·기술적으로 지원하기 위하여 민간투자지원센터를 설치·운영하는데, 민간투자지원센터의 업무는 다음과 같다.

· 민간투자사업 관련 인·허가 신청 업무의 대행

- 
- 외국인 투자자를 위한 투자상담 및 외자유치활동
  - 민간투자대상사업의 검토와 타당성분석(자체 또는 외부용역)
  - 민간투자법 제7조제1항의 규정에 의한 민간투자사업기본계획의 수립과 관련된 업무의 지원
  - 민간투자법 제9조의 규정에 의한 민간부문의 사업제안에 대한 검토·평가
  - 민간투자법 제10조제1항의 규정에 의한 민간투자시설사업기본계획의 수립과 관련된 업무의 지원
  - 민간투자법 제13조의 규정에 의한 사업계획의 검토·평가, 실시협약체결 등 사업시행자 지정과 관련된 업무의 지원
  - 민간투자사업추진 관련 교육프로그램 개발 및 운영
  - 민간투자제도의 개선 및 관련분야 연구
  - 민간투자대상사업의 발굴과 관련된 업무의 지원
  - 기타 민간투자사업추진과 관련하여 필요한 업무

민간투자지원센터는 민자사업에 대한 외국인 투자를 적극 유도하기 위해 민간투자법 등 민간투자사업관련 법령, 민간투자사업기본계획, 시설사업기본계획 등 민간투자사업 관련 영문자료를 작성, 주무관청 및 국내외 투자자에게 제공한다.

사업시행자는 실시계획 작성시 민간투자지원센터에 민간투자사업추진에 필요한 인허가 처리업무에 대한 협의 및 대행을 요청할 수 있다.

주무관청은 신규 대상사업의 발굴, 타당성분석, 민간제안사업의 검토, 시설사업기본계획의 수립, 사업계획의 검토·평가, 실시협약 체결 등과 관련하여 민간투자지원센터에 업무의 대행 또는 지원을 요청할 수 있다. 민간투자지원센터는 필요한 경우 상기 업무지원과 관련하여 소요되는 경비 등에 대한 기준을 마련하여 업무를 위탁하는 해당 주무관청에 청구할 수 있다.

&lt; 2&gt;

('01. 6 )

·	·		( / )		( )	( )
전국	91개소		9,835.965		1,855	
서울		탄천	1,100	(주)탄천환경	128	'00.4~'02.12
(2)		서남	2,000	(주)서남환경	168	'01.8~'04.6
부산 (신설)	사하구	장림2	285	부산광역시 환경시설공단 위탁추진중('02.1월말 계약완료예정) (장림 1단계에 2단계 인원 포함)		
	강서구	녹산	160	부산광역시 환경시설공단 위탁추진중('02.1월말 계약완료예정)		
	강서구	신호	24	부산광역시 환경시설공단 위탁추진중('02.1월말 계약완료예정)		
부산 기존 (4)	사하구	장림1	330	부산광역시 환경시설공단	85	'01.1~계속
	남구	남부	340		52	
	동래구	수영	550	환경관리공단	64	'01.8~'04.12
	해운대	해운대	24		24	
대구 (4)		신천	680	(주)환경시설공단	62	'99.11~'02.
		달서천	400	대구환경시설공단	58	'00.7.~계속
		북부	170	대구환경시설공단	30	'00.7.~계속
		서부	520	대구환경시설공단	58	'00.7.~계속
인천 (1)		공촌	26	(주)동아건설+ 브니엘수질환경(주)	11	'99.7~'02.7
울산 (1)		회야	32	(주)환경시설관리공사 SK(주)	16	'01.12~'04.12
광주 (2)	서구	광주	600	환경시설관리공사, 금호건설(주)	67	'98.3~'01.12
	광산구	송대2	60	환경시설관리공사, 금호건설(주)	17	'98.12~'01.12
대전 (1)		대전	900	대전광역시 시설관리공단	121	매년단위계약
경기	부천시	굴포천	600	(주)대우건설 외2	35	'01.4~'04.4
	안양시	안양	300	(주)대우건설	41	'00.4~'03.3
	평택시 (3)	통북	30	범한엔지니어링(주)	19	'01.4~'02.12
		장당	40	범한엔지니어링(주)	16	'01.4~'02.12
		포승	40	범한엔지니어링(주)	8	'01.4~'02.12



(계속)

·	·		( / )		( )	( )
경기 (27)	이천시 (2)	이천	30	환경시설관리공사	31	‘00.8~’03.7
		장호원	10	환경시설관리공사		‘00.8~’03.7
	광주시 (11)	광주	25	광주지방공사	47	‘00.1~’02.12
		곤지암	20	광주지방공사	10	‘00.1~’02.12
		매산	0.5	광주지방공사	2	‘00.1~’02.12
		광동	0.25	광주지방공사	4	‘00.1~’02.12
		만선	0.2	광주지방공사	2	‘00.1~’02.12
		분원	1.9	광주지방공사	4	‘00.1~’02.12
		귀여	0.2	광주지방공사	-	‘00.1~’02.12
		도척	2	광주지방공사	4	‘00.1~’02.12
		남한산성	1.2	광주지방공사	2	‘00.1~’02.12
		삼성	0.3	광주지방공사	-	‘00.1~’02.12
		오포	7	광주지방공사	4	‘01.1~’02.12
	양평군 (4)	강하	3.6	유림환경(주)	8	‘01.9~’01.12
		서종	0.9	유림환경(주)	4	‘01.9~’01.12
		용문	2.6	(주)금호ENG 유림환경(주)	5	‘00.6~’03.6
		하자포	0.3	(주)금호ENG 유림환경(주)	3	‘00.6~’03.6
	포천군	포천	16	(주)태영	14	‘99.3~’02.2
	의왕시	부곡	10	(주)대우건설	13	‘01.1~’01.12
	가평군 (2)	가평	6.5	(주)금호ENG	12	‘00.1~’01.12
		청평	6.2	(주)금호ENG	9	‘00.1~’01.12
	연천군	전곡	12	(주)태영	14	‘00.4~’03.3
강원 (1)	삼척시	삼척	25	(주)환경시설관리공사 (주)한국환경엔지니어링	19	‘99.12~’02.12

(계속)

·	·		( / )		( )	( )
충북 (10)	옥천군 (4)	옥천	18	(주) 환경시설관리공사	35	'00.1~'02.12
		안남	0.16			
		안내	0.18			
		동이	0.21			
	영동군	영동	8.0	용진환경(주)	13	'01.8.~'04.8.
	진천군	진천	8.0	(주)건양기술공사 임광토건(주)	11	'00.6.~'03. 6.
	괴산군	괴산	4.0	(주)건양기술공사 임광토건(주)	11	'00.7.~'03.7.
	음성군 (2)	음성	7.0	(주)롯데기공	19	'99.9.~'02.8
		금왕	6.0	(주)건양기술공사		'01.9.~'02.8
	증평 출장소	증평	15.0	(주)태영, 한라건설(주) (주)건양기술공사	14	'99.5~'02.5
충남 (5)	공주시	공주	20	(주)건양건축사사무소	14	'01.3.~'04.3
	계룡출	계룡	27	(주)태영	18	'01.1.~'03.12
	서산시	서산	30	(주)남원건설엔지니어링 서림종합건설(주)	24	'01.4.7~'03.12
	당진군	당진	15	(주)대우	12	'01.10~'04.10
	예산군	예산	22	(주)태영 DS건설(주)	14	'00.12~'03.12
	청양군	청양	3.2	(주)환경시설관리공사	9	'02.1~'02.12
전북 (3)	김제시	김제	20	(주)롯데, (주)대경	15	'00.1~'01.12
	완주군	삼례	32	환경시설관리공사	16	'00.12~'02.11
	고창군	고창	16	(주)대우	12	'99.9~'02.8
전남 (6)	보성군 (3)	복내	0.385	(주)롯데기공, (주)태영	15	'00.6~'03.6
		문덕	0.23			
		보성	3			
	화순시 (3)	화순읍	11	환경시설관리공사	23	'00.1~'02.12
		도곡온천	6			
		화순온천	2			

(계속)

·	·		( / )		( )	( )
경북 (6)	김천시	김천	80	(주)태영	23	‘99.4~’02.3
	안동시	안동	54	(주)환경관리공사	22	‘01.1~’04.12
	상주시	상주	26	(주)태영	17	‘99.12~’02.12
	경산시	경산	40	(주)환경관리공사	13	‘01.1~’04.12
	영덕군	영덕	13	(주)태영	14	‘01.9~’04.9
	고령군	고령	6	동신건설(주)	5	‘00.9~’03.9
경남 (18)	진해	진해	60.0	(주)태영	15	‘01.11~’04.10
	사천	삼천포	43.0	(주)한양	21	‘00.6~’03.6
	김해 (2)	화목	114.0	(주)대우	23	‘00.2~’03.2
		진영	12.0	(주)대우	10	‘00.4~’03.4
	밀양 (3)	밀양	30.0	(주)대우	16	‘00.11~’03.11
		삼랑진	4.0	(주)대우	4	‘00.11~’03.11
		하남	4.0	(주)대우	4	‘00.11~’03.11
	양산	양산	48.0	(주)환경시설관리공사	21	‘01.11~’04.11
	의령	의령	4.0	(주)환경시설관리공사	9	‘01.9~’02.8
	함안	가야	6.8	(주)범한엔지니어링	12	‘00.6~’03.5
	창녕 (3)	창녕	6.0	(주)환경시설관리공사	9	‘00.8~’03.8
		남지	5.25		6	‘00.11~’03.11
		부곡	13.0		7	‘00.5~’03.5
	남해	남해	5.6	(주)태영	10	‘01.4~’04.3
	하동	하동	7.5	(주)환경시설관리공사	9	‘01.1~’03.12
	함양	함양	7.0	(주)환경시설관리공사	8	‘00.7~’03.6
	거창 (2)	거창	10.5	(주)환경시설관리공사	7	‘00.4~’03.3
		가조면	5.5	(주)환경시설관리공사	4	‘00.9~’03.3

※ 대전, 안동, 경산, 하동 등 4개소는 2001. 1월에 위탁계약된 처리장임

## 3.

하수도사업은 공유의 환경자산인 물자원의 보전을 위한 수질관리 목적에서 파생된 사업으로, 하수의 처리는 환경의 관리체계와 밀접하게 연계되어 있는 공공정책적 성격을 갖는 한편, 하수도사업 자체는 하수로 배출한 오염물질을 배출자를 대신하여 적정하게 처리해주는 서비스를 공급해 주는 산업으로서의 성격을 갖는다.

우리나라 하수도사업은 지금까지 공공정책적 측면만을 고려하여 정부에 의해 행정업무의 일부와 같이 수행되어 왔으며, 이러한 구조는 앞에서의 분석에서 제시된 바와 같이 공공부문의 구조적인 경직성과 규제자이면서 생산자인 체계에서 한계를 가질 수밖에 없는 것이다.

하수도사업의 효율적인 운영을 도모하기 위해서는 하수도사업자가 행정체계의 일부로서가 아니라 전문 사업자로서 역할하도록 하는 것이 중요하다.

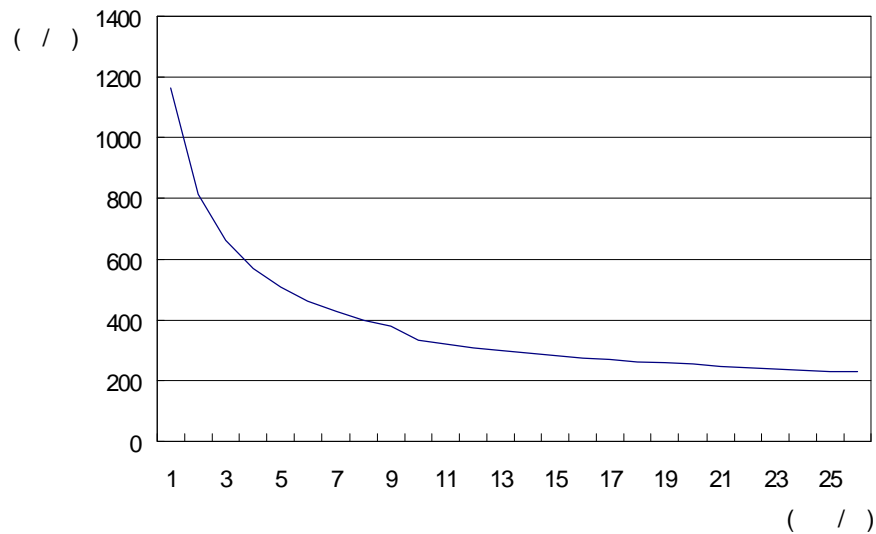
또한 사업기능이 행정체계에서 분리됨으로써 규제와 사업의 양 기능이 모두 효과적으로 수행되도록 하는 체계가 바람직하다. 즉, 규제기능과 사업기능이 분리됨으로써 지방자치단체가 수행해 오던 하수도사업은 전문사업조직이 수행하고 지방자치단체는 규제와 관리기능을 강화하는 방향으로 정비가 되어야 할 것이다.

#### ○ 하수처리사업 규모의 적정화 필요성

하수처리사업의 효율화를 위해서는 사업의 규모를 적정화할 필요성이 있다. 이는 하수처리시설의 대규모화를 의미하는 것이 아니며, 사업의 단위가 어느 정도의 규모를 지님으로써 운영 및 경영의 효율화를 도모하고자 하는 것이다.

단위 하수처리시설은 시설의 특성상 규모의 경제성을 지녀, 시설규모가 커질수록 경제적인 것으로 나타난다.<sup>7)</sup>

7) 그림의 비용자료는 환경부, 환경기초시설 투자우선순위 결정 및 종합정비 기본계획 수립연구 (1998)에 제시된 추정자료를 사용하였음.



< 10 >

그러나 총 하수처리에 소요되는 비용은 관거의 건설·관리비용이 포함되는데, 단일 입지에 설치된 처리시설 규모가 커질수록 하수를 차집·운송하는 관거의 길이는 기하급수적으로 증가하게 되므로 전체 하수처리에 소요되는 비용을 최소화하는 적절한 시설규모가 존재하게 된다. 이러한 적정시설규모는 일반적으로 산정할 수 있는 것은 아니며, 해당 하수처리구역의 인구분포, 지형, 시설입지 등에 따라 상이하게 나타난다.

여기에 더해서, 적정 시설규모는 하수처리시설 대규모화에 따른 유지용수 부족으로 상류지역의 건천화가 나타나는 등의 환경비용을 고려한다면 더 소규모화 될 것이다.

단위 하수처리시설의 규모는 소규모화 하는 방향으로 추진하더라도 하수처리사업의 경영합리화 및 경제성 확보를 위해서는 사업의 규모를 어느 정도 대규모화 할 필요가 있다. 우선 전문적인 경영의 측면에서도 규모의 경제가 존재하며, 인력의 운용 측면에서도 전문기술인력을 단위 처리시설간 공유하여 활용할 수 있는 등 효율적인 운영을 도모할 수 있다.

#### ○ 하수도사업 유역연계의 필요성

하수도사업은 공공수역의 수질을 보전하고자 하는 정책목적에서 파생된 사업이므로 이러한 목적을 달성하기 위해서는, 하수도시설은 기본적으로 행정구역에 국한하지 않고 수계 또는 유역별로 계획·설치하는 것이 효과적이다.

또한, 지역별 하수도사업은 특성상 수계에 걸친 외부효과가 있으며, 이를 내부화하기 위

해서는 비용분담 등 지역간 조정이 필요하다.

현재와 같은 기초단위 지자체 중심의 하수도 서비스공급 계획들은 국지적 계획에 그치고 있어 수계 수질관리체계와 연계가 미비하며, 지역간 외부효과 문제는 지역간 갈등의 원인이 되고 있다.

따라서 하수관리 혹은 수질관리의 관점에서 권역화하여 추진하는 사업체계를 갖출 필요가 있다.

상하수도사업체계의 조정은 수자원관리와 연계된 문제들, 즉 수자원의 배분과 외부효과 문제에 대한 합리적인 조정의 방향과, 상하수도사업의 경영효율화 추구를 위한 통합 재편성 방향에서 추진되어야 한다.

또한, 상하수도사업의 효율적 운영을 위해 사업의 전문화를 추구할 필요가 있다. 상하수도사업의 전문화는 생산조직의 기업화(corporatize)를 의미하며, 전문 기업화된 조직은 공기업과 같은 공공조직의 형태이거나 사기업 형태(민영화)모두 고려될 수 있다.

공기업 형태로 전문화하는 경우, 상수도사업의 대부분과 하수도사업의 일부에서만 이루어지고 있는 지방공기업화이다. 그러나 현재 지방공기업으로 운영되고 있는 상하수도사업, 특히 하수도사업의 경우를 볼 때 형식적으로는 지방공기업의 형태를 지니고 있으나, 실제적으로는 여전히 하수행정의 일부로서 상당히 의존적으로 운영되고 있다.

사업의 전문화를 통해 효율적 운영을 추구하기 위해서는 공기업 경영 및 재정에 있어 자율성 도입이 무엇보다 중요하다. 공공부문 개혁을 수행한 나라들의 예에서도 일단 공기업 종사자들의 임금지불이 정부부서에서 분리되고 회계가 정부재정에서 분리되면 공기업의 효율성이 괄목할 정도로 개선되는 것으로 나타나고 있다.

전문화된 사업조직은 사적 기업조직이 될 수도 있는데, 이는 현재 추진중인 하수처리사업에 대한 민간참여(민간위탁, 민자유치 포함) 정책과도 일관되는 형태이다.

- 1차적으로, 광역상수도사업을 전체적으로 확대하여 수원개발과 취수부분을 광역화하는 방안을 고려해 볼 수 있다.

이 방법은 수자원 개발과 배분에 있어서 지역적인 차이를 평준화하고, 동시에 단일 광역상수도 요금을 적용한다면 각 지역의 원수 취수비용을 평준화하는 방법이다. 이 때, 원수

의 품질이 유사하다면 정수비용 또한 평준화될 것이다.

동일한 품질의 물이 각 지자체에게 동일한 가격으로 가용하도록 함으로써 지역간 상수도 요금의 차이는 (비용반영을 가정할 경우) 각 지자체의 지형 등 여건에 따른 비용차이와 상수공급시설 운영의 효율성 차이만을 반영하게 된다. 따라서 지자체간 어느 정도의 경쟁을 촉진하는 효과도 있을 것이다.

그러나 이 방안에서 수계에서 지역에 걸친 외부효과에 대한 비용분담 문제는 별도의 체계를 통해 조정되어야 하며, 상수도사업의 취수부문과 나머지 부문의 분리에 의해 수도사업의 통합성이 저하되고 지방자치단체의 상수도사업 부문의 경영효율화를 위한 조정의 필요성은 여전히 가지게 되는 문제점이 있다.

○ 상수도사업, 하수도사업을 수계를 중심으로 권역별 광역화하는 방안

수계에 걸친 외부효과와 조정 및 물 공급 관련 비용분담을 통합관리체계 내에서 해결함으로써 물 관련 지역간의 마찰을 최소화하고자 하는 방안으로, 수계 중심의 통합사업조직이 상수의 공급에 관련된 제반 사업을 수행하며, 상수공급에 소요되는 비용은 수혜자부담의 원칙과 오염자부담의 원칙에 의거해서 사용자와 관련 지방자치단체들이 분담하는 방법이다.

이 방법은 수자원 확보와 배분을 종합적이고 일원적으로 수행할 수 있으며, 지역간 요금격차의 해소와 상하수도사업에 있어 규모의 경제와 경영효율성 제고를 가져올 수 있다.

그러나 이러한 방안 역시 지역에 걸친 외부효과에 대한 비용분담 문제를 합리적으로 조정할 별도의 체계를 필요로 한다. 상수의 공급과 관련된 비용은 수자원에 대한 국가적 재산권에 따라 물에의 접근은 모든 지자체에게 동일한 권리로 두고, 취수된 물을 각 지자체까지 전달하는 비용은 취수원과 각 지자체와의 거리 및 지형 등에 따라 차별화하는 방법을 사용하거나 아니면 보편적 서비스의 개념을 적용하여 동일한 비용을 부담시키는 방법을 사용할 수 있다.

수계별로 통합 상수도사업에서 지방상수도 생산과 공급에 관련된 모든 업무를 통합관리조직이 수행하기보다는 상수의 생산부분은 통합관리조직에서 전담하되 공급은 각 지자체가 수행하도록 하는 것이 바람직할 것이다. 즉, 통합관리조직은 상수를 생산해서 지방자치단체에 전달하는 역할만을 하며, 그것을 지역내의 개별수용가에 전달하는 것은 지방자치단체가 수행하는 체계를 말한다. 이 경우 상수도 요금의 부과주체는 지방자치단체가 되며 지자체는 상수의 생산부분만을 통합관리조직에 위탁하는 형태가 될 것이다.

그러나 동일한 품질의 물이 각 지자체에게 동일한 가격으로 가용(available)하도록 하는 체계 (광역상수도, 통합사업조직)는 상수부문에서의 조정은 하수배출에 따른 외부효과의 내부적 조정을 전제로 하여야 한다. 즉, ‘수계에 걸친 외부효과의 조정 및 물 공급 관련 비용분담을 사업관리체계 내에서 해결함으로써 물 관련 외부성 조정의 한 방안임과 동시에 모든 국민에게 권리가 있는 수자원 분배의 형평성 측면에서 적용할 수 있는 방안’이 되기 위해서는 하수배출에 대한 비용부담(외부성 조정)이 합리적으로 이루어짐을 전제로 한다. 그러므로 하수배출에 대한 비용분담 문제는 여전히 가지게 된다.

이와 함께 하수처리사업을 권역별 관리체계로 전환함으로써 지역별 시설사업 추진여건의 차이로 인한 시설불균형과 지역간 협조부족으로 인한 비효율성의 문제를 해결하는 방안도 고려한다.

- 궁극적으로는, 수계 중심의 통합된 물사업체계가 하수처리 관련부문까지 체계내에 포함하도록 함으로써 지역에 걸친 외부효과의 조정 및 물 공급 관련 비용분담을 사업관리체계 내에서 이루어지도록 하는 것이 바람직 할 것이다. 즉, 수계에 걸친 상·하수도사업의 통합 형태가 대안이 될 것이다.

이는 유역통합관리의 방향과도 일치하는 것으로, 수자원의 균형있는 배분과 관리를 도모할 수 있다.

투자측면에서 연계 투자 강화로 투자의 효율화 및 수자원 이용의 합리화를 도모할 수 있으며, 제정의 균등화로 급수 수준 및 요금 수준의 지역간 격차를 완화할 수 있는 효과가 있다. 또한 수계에 걸친 지역간 외부성 문제를 사업 내에서 조정할 수 있으며, 경영측면에서는 사업 관리의 전문성 제고로 생산성 향상을 도모할 수 있다.

#### ○ 지자체 연합조직 구성방안

우선, 현재의 상하수도사업체계에서 가장 용이하게 적용될 수 있는 방법으로, 수계에 걸친 상하수도 사업계획에 따라 인근 지자체와의 공동사업이 유리한 지역은 구역을 분할해 상수공급량과 오염처리 총량을 기준으로 비용을 분담, 시설건설 및 공동운영하는 방안이다. 현재 지자체간 계약에 의해 인근 지자체로부터 정수를 구매하거나 인근 지자체의 하수를 유입하여 대신 처리하고 있는 사례가 존재하나 이는 범위가 매우 한정적이며, 수계에 걸친 사업 합리화의 측면에서 사업단위를 권역화 하는 방향으로 조정되어야 할 것이다.



---

지자체간 상하수도사업 공동 운영의 방법으로는, 지방자치단체간 연합조직 (지방자치법 제149조)을 설치하여 상하수도사업을 운영하도록 하거나<sup>8)</sup>, 지방자치단체 공동의 지방공기업을 설치하는 방안 (지방공기업법 제2장 제2조에 의한 지방직영기업 혹은 제3장 제49조에 의한 지방공사)이 고려될 수 있다.

지방자치단체간 연합조직 (조합)으로 설치할 경우, 연합에 참여한 지자체간에 비용분담 등 지역간 이해가 다른 사안에 대한 합의가 어려운 문제는 여전히 남아있게 되며, 조직의 성격이 자치단체 행정부서의 일부로서 자치단체간 공동의 행정업무를 수행하는 형태이므로 전문성 제고에 한계가 있다.

지방공사를 설치하는 경우 지자체조합에 비해 전문성을 제고할 수 있는 장점이 있으나, 지방공사 공동설립에 따른 지방자치단체간 협조가 중요하게 요구되며, 관련 지방자치단체들과의 관계정립 등이 과제이다. 또한, 공동설립된 지방공사에 대한 관리 (governance)의 책임 등이 분산되어 있는 문제가 있다.

#### ○ 독립적 광역상하수도사업조직

지방자치단체와 독립적인 광역상하수도사업조직을 설립하여, 시설사업에 대한 투자재원 조달에서부터 시설사업 전반을 운영하며 서비스 공급을 원하는 지방자치단체에게 수급계약을 통해 서비스를 제공하도록 하는 형태이다. 이러한 광역상하수도사업조직은 공사형태로 공공부문이 운영하거나, 민간사업자에 일임하는 민영화 형태가 될 수 있다.

이 경우, 상하수도사업의 계획과 추진은 수계관리와 연계되어 광역적으로 이루어지게 되며, 따라서 광역상하수도사업조직은 수계관리기구와 밀접하게 연계되어 운영된다.

상하수도사업에 대한 민간부문의 참여는 상하수도사업체계 조정(restructuring)의 일부, 혹은 구성요소로 볼 수 있다.

상하수도사업을 보다 효율적으로 운영하여 상하수도 서비스의 양적·질적 수요를 충족시키고, 통합적인 물관리체계의 요소로서 상하수도사업이 효율적인 역할을 하도록 하기 위해서는 현재의 상하수도사업 체계의 구조적 조정을 필요로 한다. 바람직한 상하수도사업 체계의 구조적 조정은 기구적 구조 (Institutional Framework)뿐 아니라 관리체계 (Governance

---

8) 현재의 수도권매립지 운영조합과 같은 형태로 볼 수 있음.

Structure)의 조정을 수반하는데, 이는 밀접하게 연계되어 있다. 민간부문의 참여는 상하수도 사업 운영의 기구적 구조를 구성하는 한 요소이며, 이에 따라 관리체제도 상이한 구조로 설정됨을 필요로 한다.

한편, 상하수도사업의 광역화와 같은 구조적 조정은 민간부문의 참여 여건에 직접적인 영향을 미친다. 상하수도사업의 광역화는 사업에 규모 및 범위의 경제성 제고를 가져와 민간사업이 경제적인 수 있는 범위를 확대시킴으로써 민간부문의 참여를 보다 용이하게 하고, 민간참여를 통한 효율성 제고의 범위를 확장시킬 수 있다. 또한, 통합되고 단일화된 관리구조와 규제자는 민간사업의 관리를 보다 효율적으로 이루어질 수 있도록 한다.

#### 4.

##### 9)

여기서는 선진국(일본, 영국, 미국, 프랑스, 독일)의 하수도 유지관리체제 및 관련 기구조직의 현황과 변천과정, 변천원인 등을 살펴봄으로써, 국내실정에 적합한 기구조직의 개선 방안을 제시함에 참고하고자 한다.

##### ○ 역사적 배경과 제도의 변화

일본은 사면이 큰 자정능력을 지닌 바다로 둘러싸여 있고, 급류하천이 많아 신속한 하수 배제가 이루어질 수 있는 지형조건을 갖추었으므로 하수도 정비의 필요성을 크게 인식하지 못하였다.

1900년 최초로 하수도법을 제정(상징적 의미에 불과)하였으며 1957년에 신하수도법을 제정하여, 종말처리장은 후생성에서 관할하고 그 외의 관련시설은 건설성에서 관할하도록 하였다. 그러나 하수도행정의 이원화문제로 인하여 1967년 하수처리장과 하수관거 모두를 건설성에서 관할하도록 행정기구를 개편하였다. 1970년에 공공수역의 수질보전을 위한 하수도의 중요성을 강조하여 유역별 하수도정비종합계획수립을 의무화하였으며, 악성폐수 배출자에 대한 규제와 처벌, 처리구역내의 수세화(水洗化)를 주된 내용으로 하는 법개정을 단행하였으며, 수차례의 개편을 통하여 현재체제를 마련하였다.

9) 문현주 외, 하수처리시설 건설·운영의 경제성 제고방안, 기획예산처, 1999 참조.

---

#### ○ 기구조직

중앙정부기구로는 건설성 시도국 하수도부 산하에 하수도기획과, 공공하수도과, 유역하수도과가 있는데, 하수도기획과에서는 하수도내부의 사무와 연락조정, 소관법령의 입안, 하수도법의 시행, 하수도정비사업계획의 입안, 일본하수도사업단법의 시행 등을 담당하며, 공공하수도과는 공공하수도사업, 도시하수도사업의 조사 및 지도감독, 토지구획정리사업의 지도 등을 담당한다. 유역하수도과는 유역하수도사업의 조사 및 지도감독, 유역별 하수도정비종합계획수립 등을 담당한다. 또한 건설성 산하에 토목연구소를 설치하여 슬러지, 수질, 3차처리 등을 연구하도록 하고 있다.

지방기구조직은 都, 道, 府, 縣 및 市, 町, 村으로 구분된다.

그외, 하수도관련 단체로는 일본하수도 사업단과 하수도 공사가 있는데, 일본하수도 사업단은 1975년 하수도 전문기술자를 확보, 효율적으로 활용하고자 설립된 단체로 공공단체나 지방도시의 요청에 따라 하수도 간설시설(종말처리장, 간선관거, 펌프장 등)의 설계, 시공 및 감리와 처리장의 유지관리 및 기술검정, 하수도 기술자의 양성, 운전요원의 교육훈련, 기술지원 등의 역할을 한다. 하수도 공사는 유역하수도의 유지관리를 담당하는 단체로 1979년부터 처리장과 관련된 都, 道, 府, 縣에서 설립하기 시작하였다. 주요업무는 처리장 및 하수관거의 유지관리, 수질분석, 하수도사업의 계몽 및 조사연구 등이다.

영국에서는 1973년 수법(水法)을 제정하고, 1974년 4월 하천유역을 기준으로 England와 Wales에 10개의 수자원공사(Water Authority)를 설립하여 물환경과 관련된 행정을 단일화하였다. 수자원공사는 하천과 관련된 모든 분야, 즉 해당 유역내의 수자원개발, 수도사업, 수질오염방지, 하수도정비, 하수처리, 내수배제, 홍수조절, 수산사업 등 쾌적한 물환경확보를 위한 포괄적인 권한과 실무를 담당하며, 이러한 종합적인 유역관리는 유역내의 균형적인 용수공급과 복수의 용수원확보, 효율적인 물의 이용, 안정적인 수질확보라는 성과를 거두었다. 그러나 통일된 기준이 마련되지 않아 각 수자원공사별로 각종 기준을 설정하여 운영함으로써 수자원공사는 수질오염감시자이면서 수질오염자가 되는 모순이 생기게 되었으며 물이용자간에 이해가 대립하게 되었고 EC의 수질강화에 따른 자금압박이 가중되는 등의 문제가 발생하였다.

1989년 수법을 개정하여 ‘전국하천공사(National Rivers Authority)’와 ‘지역하천자문위원회’ 및 ‘Wales 자문위원회’를 설립하고 용수공급과 하수처리서비스를 민영화된 공익회사형태

의 조직에 위탁하는 체제로 조직을 재정비하였다. 전국하천공사는 수도회사들에 대한 인·취수 허가권이 있고, 배출허가기준을 정하며 정부는 기준만 설정하고 독립된 규제기관에서 기준의 실행여부를 감시한다. 수도회사는 필요한 재정을 확보하여 그 기준을 달성하는 체제로 구성되었다. 전국하천공사는 '95년 오염이 심한 공정 및 방사성 폐기물에 대한 규제, 폐기물관리 등의 기능을 통합하여 Environment Agency로 개편되었다.

이러한 체제하에서 하수도사업은 민영화된 29개 수도회사에서 관할구역의 급수와 하수처리서비스를 담당하며, 수도청과 환경성장관이 임명하는 수도감리관이 이들의 활동을 감시한다. 수자원공사들이 수자원과 관련된 모든 책임과 권한을 수행하던 체제를 완전히 민영화시킴으로써 관리와 규제가 이원화된 체제를 유지하였다.

지방자치단체는 수도회사와 하수처리업무 계약을 맺을 수 있으며 용수공급이 원활하고 위생적인가를 감시할 의무가 있다. 그리고 만약 이것이 문제시 될 경우 수도회사에 대해 개선방안을 마련토록 요구할 수 있다.

#### ○ 배출허가제도

공공수역에 대한 공장폐수나 생활하수의 배출허가는 EA로부터 받아야 하며, 허가받은 시설은 BOD, SS, 기타 중금속 등에 대하여 총량규제를 받는다. 하수처리장을 운영하는 PLC(Public Limited Company: 수자원공사의 민영화된 이름)도 EA의 허가를 받아야 한다. EA는 원인자부담원칙에 따라 배출부과금을 받으며, 배출허가신청시에 그 개요를 이해관계자나 일반인에게 공시하여 의견을 수렴한 후, 허가조건을 공표하고 허가조건은 利水상황 등 여건변화에 따라 EA가 정기적으로 점검하여, 위반시 고발할 수 있다. EA는 관리수역의 배출량과 배출허가사항, 측정결과 등을 컴퓨터에 수록하여 필요시 일반에게 공개하여야 한다.

#### ○ 기술개발분야

물에 관한 중앙연구기관으로는 1974년 회사법에 의해 설립된 법인조직인 물연구소가 있는데, 이는 사기업으로서 그 비용은 주로 회원의 회비와 환경성의 보조금 및 원조 등으로 충당하는 조직이다. 주요 물관련사업자, 대학, 연구기관 등 국내외를 합쳐 300개 이상의 조직체가 가입하고 있다.

미국은 1948년 연방수질오염방지법 제정과 더불어 하수도 사업이 시작되었으며 수질관

---

리의 광역화와 규제의 엄격화, 처리장건설을 위한 진흥책을 마련하는 방향으로 법개정이 계속되어 현재제에 이르고 있다.

하수도관련 행정기구는 크게 중앙정부와 주정부, 지방자치단체로 구분되는데 대통령 직속기관인 EPA가 하수도사업을 국가적 차원에서 계획·조정한다. EPA는 연방의회로부터 권한을 위임받은 기관으로, 하·폐수의 방류수질기준을 설정하여 주정부로 하여금 그 이상의 수질규제 기준을 작성하여 시행토록 주정부에 수질규제권을 위임한다. 주요역할은 각 도시의 하수도사업량 조사, 각 도시의 하수도사업 우선순위 결정, 배출수 수질기준 및 처리방법 결정, 지방자치단체의 하수도사업계획의 동의 등이다.

지방자치단체는 실질적인 하수도사업의 주체로써 하수도사업의 설계·건설·운영관리를 담당하며, 주정부로부터 하·폐수방류허가를 받아 이를 시행하며, 자체수질검사를 행하여 허가수준을 초과하는 경우에는 주정부에 보고후 해결책을 모색하는 등의 기능을 한다. 지자체는 연방정부와 주정부로부터 자금보조 및 수질규제를 받는다.

하수처리 및 하수도 관련 기술개발분야에 있어서는, 1977년 연방청정수법제정 이후, Innovation/Alternative라는 신기술개발에 주력하고 있으며, 하수의 토양처리, 자연류하식, 소구경관거의 개발, 처리수의 재활용, 슬러지의 비료화, 메탄가스 활용방안 등을 연구하고 있다. 연구재원은 연방정부가 연간 수 %씩 보조금을 유보하여 충당한다.

프랑스에서 상·하수 서비스 공급의 일차적인 책임은 코뮌(commune)이라고 불리우는 각 지방자치단체의 장에게 있으며, 시·읍·면법에 의하여 규제되고 있다. 코뮌은 프랑스 지방정부의 기초단위로서 거의 37,000여개가 있는데, 50명밖에 안되는 코뮌부터 100,000명이 넘는 코뮌까지 다양하다. 여러 개의 코뮌이 공동으로 참여하는 백만 명을 초과하는 한 개의 계약주체를 형성하기도 한다.

수자원에 관한 현재의 법은 1964년 제정된 ‘수자원법(Water Law)’으로서 1992년에 개정되었다. 개정법은 과거 30년동안 이루어진 도시화 및 여러 상황들을 반영하고자 하였다. 수자원 관리는 1971년 설립된 환경성의 책임 하에 있다.

하수행정관련 기구조직으로는 중앙정부에 환경성, 내무성, 후생성이 있는데, 환경성은 1971년에 설치된 환경행정의 종합 조정기관으로, 하수종말처리장의 운전관리 및 지도를 담당하며, 내무성은 하수도사업에 대한 실질적인 권한을 가지며, 하수도 건설에 대한 보조금을 교부하고 관련사업을 조정한다. 후생성은 하수종말처리장 기술지도팀의 소요비 중

일부를 부담한다.

지방자치단체는 하수도사업의 실질적인 주체로서 하수도의 유지관리를 담당하는데 전문공단이나 사기업에 유지관리를 위탁하는 도시도 있다. 이들 사기업체는 도시 내의 위생 담당부서나 하천관리담당부서, 유역재정청 등으로부터 지도감독을 받게 된다. 하수처리장 운전관리에 대한 지도교육은 지도팀을 이루어 정기적으로 처리장을 순회하며 행하고 있으며, 그 비용은 지방자치단체와 유역재정청, 후생성이 공동부담한다. 22개 도에는 도지사에 부속되어 도차원의 수자원정책을 조정하는 수자원기술위원회가 설치되어 있다.

그외 하수도 관련 단체로는 유역재정청, 유역위원회, 유역연락위원회, 유역심문위원회가 있는데, 유역재정청(River Basin Financial Agency)은 1964년 수법에 의해 6개 유역에 유역단위로 설립된 수자원종합개발 및 관리기관으로 각 유역재정청은 행정관청의 성격을 띠고 있으나, 사법적 기능도 가지며 재정적 독립성을 부여받은 민간회사적 공공행정기관이라 유역내의 모든 물 관련시설에 대한 기술적·재정적 지원을 담당하며 수자원개발을 위한 각종 사업계획 작성, 수자원에 관한 조사연구 수행, 법적·사적기관에 대해 기부금, 용자, 연구조사비 교부(해당사업경비의 약 25%정도를 보조) 등의 기능을 한다.

재정적 지원을 위한 재원은 사용료나 오염부과금 등의 방법으로 재원을 조달한다. 재원 조달방법은 일반공장과 주민에게 ‘부담금’형식으로 부과하며, 징수총액은 유역재정청의 사업계획에 맞게 환경성장관이 인가한다.

유역위원회(Basin Committee)는 물 이용자, 지방정부, 도지사를 포함하는 중앙정부의 대표를 위원으로 하여 구성된 자문기관으로 수자원에 관한 ‘유역의회’의 성격을 가진다. 주요 업무는 유역재정청이 작성한 연간계획을 승인하고, 이 계획의 시행을 위한 사용료 산정기준을 설정·승인하며, 각종 오염방지계획을 검토한다.

유역연락위원회(Assistant Mission for Basin)는 유역재정청이사 중 공무원과 연방지방자치단체장으로 구성되며 유역재정청의 사업이 공공기관에 대해 제대로 실행되고 있는가의 여부와 계획의 합법성 여부 등을 조사·감시하는 역할을 한다.

유역심문위원회는 유역내 사업의 타당성, 물이용에 관한 이해관계 등 1964년 제정된 수법에 의한 모든 사항을 유역재정청에 조언한다.

프랑스 하수도사업은 부동산은행에서 법률에 규정된 조건에 따라 배수용 공작물의 건설비를 용자하며, 공공하수관거와 공공하수처리장은 재정적으로 채산사업으로 운영된다. 공공하수도는 국가에서 보조금을 지급하고 있으며 1968년부터 공공의 배수서비스에 대해 배수요금을 징수하는데 부과금의 근거와 비율은 유역위원회의 자문을 거쳐 결정한다.

---

독일은 1937년 연방수법을 개정하여 공공수역의 이용과 보전에 관한 규제방법을 통일하였으며, 1971년 환경규제 방안을 마련하여 배수과징금제를 법제화하여 공공하수도에서의 오수대책을 마련하였다. 1974-76년에 걸쳐 연방환경성 설치, 세제법 개정, 수질환경계획을 작성함과 아울러 연방물관리법도 개정하였고, 1980년대에 화학약품법을 제정하는 등 환경보전을 위한 각종 법규와 제도가 강화되어 현재에 이르고 있다.

독일은 수자원관리를 연방정부가 아닌 주가 관할하고 있는데 공공하수도사업의 주체는 지방자치단체이지만 특별법 및 조합연방의 규정에 의해 설립된 수조합의 수조합도 사업주체가 될 수 있다. 수조합이 설립되어 있는 경우에는 枝管은 지방자치단체가 건설·유지관리하고, 간선관거와 처리장은 수조합에서 건설 및 유지관리한다. 소규모 처리장은 지방자치단체가 건설하고, 유지관리는 수조합에서 하는 경우도 있다.

국가행정기관으로서 환경문제전반에 걸쳐 관여하는 곳은 연방환경청이며, 하수도업무는 환경사무국에서 담당한다. 연방환경청은 환경문제에 관계된 중앙연락기관으로서의 역할을 담당하고 있으며, 환경보호에 관한 기술과 학술적 정보를 수집한다.

주정부는 지방자치단체의 지도감독 뿐만 아니라 연방수법에 정해진 수역의 이용에 관한 허가권을 가지며, 배수부과금의 징수, 공공수역의 수질감시, 보조금의 교부 등 광범위한 권한을 가진다. 주정부는 수조합에 대해 보조금을 교부하며 수조합의 계획이나 예산에 대해서 수정을 요구하거나 거부할 수 있다.

법에 의한 자치적인 조직으로 관리구역내에 있는 지방자치단체나 광산, 기업, 도로, 철도, 수로관리자 등으로 구성된 수조합에서는 하수도사업 및 홍수방지, 상수도, 하천정화 등을 담당하며 주로 하수배수와 홍수관리를 위한 조합이고 수질관리는 대부분이 광역적 수조합의 형태를 취하고 있다. 수조합은 자신의 책임으로 계획의 입안이나 사업을 시행하지만, 주정부의 수법이나 광역계획의 범위내에서 행동해야 한다. 광역적 수조합은 지역차원에서만 수자원 개발과 용수공급이 가능할 때 구성되는데 조합원의 상호협약에 따라 용수공급과 하수처리 및 오염방지업무를 계획함으로써 각종 분쟁의 소지를 없애고 최대한의 편익을 도모한다.

지방자치단체는 하수도사업의 주체로서 하수관거의 건설과 유지관리를 담당한다.

#### ○ 배수부과금법

배수부과금은 1971년 환경규제 방안에 의해 법제화되었으며 1978년부터 시행, 1981년부터 오염물질배출자에게 지불의무를 부과함으로써 수질보전을 위한 획기적인 계기를 마련

하였다. 침전성 물질, 염화가능성 물질, 배수의 독성을 근거로 부과금을 징수하며, 가격은 물관리법에 의한 오수배출허가시에 통보된다. 1일 배출량이 8m<sup>3</sup> 미만의 하수를 배출하는 가정은 주가 지정하는 공법상의 기관이 지불하고, 정수장에서 처리하는 경우는 정수장 설치자가 지불한다. 배수부과금은 실제의 배출량을 산정하는 것이 어렵고 비용이 많이 들기 때문에 허가배출량을 기준으로 한다. 부과금 수입은 우·오수의 처리 및 배수시설의 건설, 수질개선을 위한 연구개발, 관계직원의 교육, 低수로의 盛土 등에 사용된다.

#### ○ 기술개발 분야

대도시나 규모가 큰 수조합에서 기술개발 등의 연구가 이루어지고 있는 곳은 거의 없으며, 관할구역내의 제문제에 대처하기 위한 실무적 연구가 이루어지고 있다.

#### ○ 하수도 발달의 배경

외국은 하수처리수를 재활용하는 등 하수도를 다목적 기능 수행을 위한 시설로 인식하고 있는 반면, 우리나라는 오수배제의 필요성을 크게 인식하지 못하였다. 우리나라는 안정적으로 깨끗한 물을 제공한다는 면에서 외국에 비해 열악한 조건에 처해 있으므로 하수도 시설의 중요성이 더욱 강조되고 있다.

외국의 경우 雨·오수를 배제할 수 있는 관거의 정비가 완전히 갖추어진 후에 처리장이 건설됨으로써 별다른 문제를 야기시키지 않고 있으나, 우리나라는 관거보급도 제대로 이루어지지 않은 상태에서 공공수역의 수질보전만을 강조하여 처리장건설이 선행되고 있다. 이러한 점을 감안하여 관거사업이 선행되거나 관거와 처리장건설이 병행되어야 한다.

#### ○ 유지관리체계

첫째는 상수도와 하수도, 수자원을 같은 개념에서 다룬다는 것이 가장 큰 특징이다. 둘째는 어느정도의 하수처리수준에 도달하면, 용수공급과 하수처리를 민영화된 기업에 일부 분 혹은 전부를 위탁하고 정부는 이를 지원 및 감독하는 체제를 갖춘다는 점이다. 마지막으로 각종 협의체를 활용함으로써 하수도를 포함한 수자원관련사업을 탄력성 있고 융통성 있게 운영한다는 점이다.

#### ○ 기술개발분석



---

수질보전과 수자원의 효율적 이용이라는 관점에서 다각적으로 이루어지고 있다. 우리나라는 이러한 종합적이고도 전문적인 물관련 연구기관이 없다는 것도 특징이다.

○ 조직기구

대부분의 국가가 상·하수도업무를 통일된 부서에서 수자원, 수질보전 등과 함께 종합 관리하고 있다.

· · · 10)

상·하수산업에 있어 조직과 개편 (organization & reform)의 공통적인 추세를 찾기는 매우 어려우며, 따라서 어떠한 상황에서 어떤 모형이 가장 성공적인지 찾아내는 것도 어렵다. 그럼에도 불구하고 각국의 사례분석을 통해 다음과 같은 몇가지 추세로 구분하여 볼 수 있다.

- 물이 상대적으로 풍부하고 고르게 분포되어 있는 국가들 (스칸디나비아 국가들, 캐나다, 미국 일부)
  - 상·하수산업의 조직과 규제는 논쟁적이지 않으며 그다지 문제가 되지 않는다.
  - 공공부문과 사 부문에 의한 공급이 가능하며 양 경우 모두 매우 단순한 규제규칙이 설정된다. (한계비용 가격설정 혹은 비이윤 의무 등)
  - 예를 들어 덴마크와 스웨덴에서는 상·하수서비스 공급은 법규정에 따라 이윤을 얻을 수 있는 사업이 될 수 없다.
  - 책임은 지역 수준으로 이양되어 있으며, 규칙의 적용에 있어 점검과 균형이 수반될 것으로는 보이나 실제로는 거의 없는 것이 특징이다.
  - 이는 이러한 국가들의 협력 전통과 상대적으로 낮은 공급비용, 높은 부의 수준에 따른 것으로 설명할 수 있을 것이다.
- 수자원 관리상의 특정한 문제와 중앙행정의 전통을 가지고 있는 국가들
  - 원리적으로는 ①과 유사하나 실제로는 매우 상이한 형태로 나타나는 접근법을 사용하고 있다.
  - 예로는 스페인과 아일랜드를 들 수 있다. 스페인의 경우는 시간과 공간적으로 물의 불균등한 분포와 농업에 있어서의 물의 중요성 (관개)이 특정한 문제로 존재

---

10) 문현주, 상하수도사업 민영화 기본계획 수립 연구, 환경관리공단, 2001 참조

하며, 아일랜드의 경우 특정한 문제는 하수의 처리이다.

- 양 국가 모두 물을 공공재로 취급하며 물에 대한 지불은 세금의 성격을 지닌다. 이는 서비스의 모든 비용을 충당하도록 설계되지 않으며 공급을 위해 국가에 발생하는 비용에만 기여할 수 있도록만 설계된다.
  - 새로운 하부구조에 대한 투자는 정부기금과 공공하부구조 투자로부터 편익을 얻는 산업 혹은 농업사용자들의 지불로 충당된다.
- 세번째 유형은 프랑스, 독일, 벨기에, 그리고 미국 일부에서 관찰될 수 있는 유형.
- 서비스의 책임은 지역적이며 공공소유가 지배적이다. 그러나 상이한 유형의 기업화 (corporatization)와 사부문 참여가 공통적으로 나타난다.
  - 종종 중앙 감시메카니즘이 존재하는데, PUC (Public Utility Commission)나 Ministry에 의한 가격규제의 유형, 혹은 Municipal Charges Charter와 같은 가이드라인의 형태이다.
  - 이 메카니즘은 민간부문과의 계약에 있어, 혹은 도시의 기업화된 공익기업에 의한 독점적 지위 남용에 대한 지방정부의 판단을 돕는 수단을 제공한다. (물론 독일의 예는 이러한 메카니즘이 비효과적일 수 있음을 보여준다)
  - 이러한 경우에 있어서 독점권을 위한 경쟁은 추가적인 독점폐해 방지 메카니즘이 될 수 있다. (프랑스의 경우 가장 두드러진다)
- 많은 국가들이 이미 산업의 전체 구조를 근본적으로 변화시키는 개편을 수행하였는데, 주요한 예는 영국과 칠레의 경우이며, 미국의 일부에서도 관찰될 수 있다.
- 주요 내용은 민영화와 정밀화된 규제체계이다.
  - 추가적으로, 시장에서의 경쟁에 대한 제한된 가능성이 추구되며, 대규모 상수공급 (bulk water supply)에 있어서의 경쟁이 촉진된다.
- 현재 주된 개편을 수행하고 있는 나라들: 이탈리아, 호주, 뉴질랜드 등
- 이들 국가들의 특성은 (i) 중앙 혹은 지역 수준에서의 공공 소유, (ii) 수년간에 걸쳐 성과에 대한 불만이 축적, (iii) 운영효율이 낮거나 낮아지고 있거나, 시스템이 서비스 수준과 범위에 있어서의 목표를 달성할 수 없음, (iv) 수년에 걸친 재정부실 (비용을 충당하지 못하는 가격설정)과 깨끗한 물의 희소성 증가, 더 강력한 환경기준 등으로 인해 막대한 투자를 필요로 하는 것 등이다.

- 추진되고 있는 개편은 ③과 ④의 유형 방향으로 나아가고 있는 것으로 볼 수 있다. 이탈리아, 뉴질랜드, 그리고 호주 일부에서는 완전한 이전이 아닌 (non-divestiture) 특성을 갖는 민간부문 참여를 채택하며 이 모형을 위한 규제 메커니즘을 설계하는 과정에 있다.

호주의 Victoria는 민영화와 구조적 분리의 방향으로 움직이고 있다.

- 아시아와 라틴아메리카 국가들의 개혁은 복합적, 지역적 혹은 실험적 성격을 띠기도 하며, 결과는 다양하게 나타나고 있다.
- 고려할 만한 사항은, 투자수요와 민간부문 참여유형간의 연관이다. 운영성과 혹은 경영개선에 대한 필요와 비교하여 투자수요가 매우 중요하게 나타나는 곳에서는 양여권 계약이 보다 일반적이며, 기본적 하부구조가 이미 존재하는 곳에서는 서비스계약이나 관리계약, 혹은 임대(leases) 방식이 채택된다. 이는 몇십년전과 비교해 현재는 임대계약이 보다 일반적인 프랑스의 경우에서도 볼 수 있는 현상이며 경쟁의 촉진과도 연관된다.

물산업의 구조와 국가적 배경의 차이에 따라 물산업에 대한 규제체제도 발전의 단계가 상이하게 나타난다. 이를 유형화하여 보면 다음과 같다.

#### < 32> 가

	I	II	III
	규제기능이 공적으로 소유된 utilities에 있어서의 소유기능에 통합되어 있음.	사부문 참여, 민영화나 utilities의 자유화 증가와 함께 규제체계가 구축되는 과정.	사적 utilities에 대한 규제체계가 운영중.
아시아/태평양	중국, 일본, 한국, 파키스탄	말레이시아, 타이	호주, 뉴질랜드, 필리핀
남미/아프리카		멕시코	아르헨티나, 칠레
북미/카리브			캐나다, 미국
서부유럽	아일랜드, 네덜란드, 스웨덴	이탈리아, 스페인	벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 노르웨이, 영국
동부유럽	체코, 헝가리, 카자흐스탄, 러시아, 슬로베니아, 우즈베키스탄		

자료: CRI, Utility Regulation 1997, 1997.

우리나라 상하수도 서비스에서 민영화는 새로운 경험이다. 그런데 이 상하수도 사업에 대한 민간 기업의 참여는 우리에게만 요구되고 있는 것이 아니라 여러 나라에서 그 필요성이 제기 되었으며, 진행되고 있으며, 몇몇 나라는 이미 그 성숙기에 들어 와 있다.

따라서 우리나라의 실정에 맞는 민영화 방식을 구축하는데 있어, 우리와 비슷한 경험을 하고 있거나, 이미 앞서서 민영화를 실시하고 있는 외국의 사례를 살펴 보는 것은 매우 적절하다고 하겠다. 이 보고서에서 살펴 볼 외국 사례는 유럽의 사례들이다.

수자원과 관련하여 유럽의 지리적 조건은 매우 다양하지만, 환경 오염이 심화되고 수질 기준이 강화되면서 특히 하수처리 부분에서 대규모의 투자가 필요하다는 공통점을 지닌다. 또한 전반적으로 물 가격이 상승하고, 소비량이 정체해 있는 상황에서, 대규모의 투자를 가능하게 하는 운영 방식에 대한 추구는 상하수도 서비스의 생산과 공급에 대한 민간 기업 참여를 더욱 활성화시키고 있다.

공공 서비스의 제공에 이윤을 붙이도록 하는 것이 적합한 것이냐는 문제는 항상 존재하지만 이는 경제 논리로 정리될 수 있는 것은 아니며, 공공이 직영을 하느냐 민간 기업이 운영하느냐 하는 것은 정치적인 선택으로부터 출발한다.

일반적으로 유럽에서 행해지는 상하수도 서비스 운영 방식으로서, 국지 근접 공공 서비스로서 상하수도 서비스가 갖는 특성에 충실하게 기초 지방 지방자치 단체가 시설물을 소유하고 운영하며 최종적인 책임을 지는 직영방식에서부터, 지방자치단체가 소유권을 유지하되 민간 기업, 또는 공기업에 운영권을 맡기는 방식, 민간 기업이 자산의 소유권과 운영권을 모두 가지며 독립된 중앙 기구로부터 통제를 받는 완전 민영화 방식에 이르기까지, 각 나라의 독특한 역사와 상황에 따라 다양하게 존재한다.

이 장에서는 상하수도 사업 민영화에 대한 외국의 경험으로서, 위에 언급된 각각의 운영 형식을 대표하는 독일, 프랑스, 영국 (잉글랜드와 웨일즈)의 사례를 살펴보도록 하겠다.

특히, 이 분야에서 민영화 (또는 민간 기업의 참여)가 필요했던 (필요한) 이유는 무엇이며, 민간 기업의 참여가 어떤 형태로 이루어지고 있는지, 이와 관련하여 어떤 제도적, 법률적 틀이 마련되어 있는지, 최종적으로는, 이들 각 나라 시스템에 대한 평가와 우리나라에 있어서의 시사점을 중심으로 살펴본다.

독 일		96%	4% (민간 기업 및 혼합자본 회사)
프랑스	20%		80%
영 국			88% (잉글랜드 100%)

자료 : Prix de leau, éléments de comparaison entre modes de gestion, en France et en Europe, p. 24, 2001, BIPE

#### a) 1973 水法 :

실질적으로 잉글랜드와 웨일즈 지방의 상하수도 산업 재조직은 이미 1973년의 水法(Water Act)으로 시작되었다고 할 수 있다.

상수도 사업, 하수도 사업, 하천 관리 사업 등, 크게 세 범주에 속하는 작은 공공 회사들이 분담·관리하던 상하수도 서비스가, 유역을 기준으로 통합관리(Integrated river-basin management) 되게 되었다. 이 과정에서 1950년대 중반 1000 여개 이상이 존재하던 상수도 사업 단위는 70년대 초반 약 200개로 통합되었고, 1973년 水法을 통해서 다시 10개의 지역 수자원 기구(Regional Water Authorities, RWA)로 재조직되었다. 한 개의 사업 단위가 한 유역을 맡아 (실제로 적용에 있어서는 규모의 경제를 위해 한 사업 단위가 한 개의 유역 이상을 담당) 관내 물 사용 전반에 대한 계획과 통제를 맡는다는 이 유역 통합 관리 원칙 아래 만들어진 10개의 지역 수자원 기구(잉글랜드에 9개, 웨일즈에 1개)는 다음과 같은 광범위한 책임을 맡게 되었다: 상수 공급, 하수 처리, 하수 처리 시설 공사, 수자원 계획, 오염 규제, 어업관련, 범람 방지, 환경 보전 등.

이 때 중요한 것은 지방자치단체에 대한 어떠한 금전적 보상이 없이 시설물들의 소유권이 지역 수자원 기구로 이전되었다는 것이다. 단지 지역 수자원 기구의 운영 위원회에 참여가 보장되는 것으로 지방자치단체의 참여는 지속되었다.

#### b) 1989 水法 :

1989년 Water Act를 통해 영국의 잉글랜드(England)와 웨일즈(Wales) 지방은 과거 공공에

의해 운영되던 상하수도 사업에 대한 대대적인 개혁을 실시하였다. 상하수도 사업 운영을 개선하고, 공공 부문 차입을 최소화하면서 대대적인 설비 투자를 용이하게 하게 위하여 당시 지방 정부가 담당하기 원치 않았던 상하수도 사업의 전면적인 민영화를 단행하였다.<sup>11)</sup>

1985년부터 상하수도 사업의 민영화를 검토하기 시작한 정부는 지역 수자원 기구들을 기존의 상태 (상업/규제 기능을 그대로 보유하며, 상수 공급과 하수 서비스를 분리하지 않은 상태에서) 그대로 민간에게 소유권을 이전하며, 소유권을 넘겨받은 민간 기업들에 대해서는 기업들이 얻게 될 이윤에 기초하여 경제적 규제를 하는 민영화 방안을 제안하였다. 검토 과정에서 프랑스 시스템에 대한 점검과 이의 영국에서의 적용 가능성도 타진되었으나,<sup>12)</sup> 앵글로색슨 문화에서와 유럽 대륙의 문화 (특히 프랑스) 간에는 정부의 역할, 더 나아가 민간 기업의 지위에 대한 견해에 매우 큰 차이가 있었으며, 영국의 공공 대출 시스템은 프랑스에 비해 제한적이었다. 결과적으로 프랑스식 공공 서비스 대리 운영 방식은 무엇보다 막대한 설비 투자를 필요로 하는 영국의 실정에는 부적합하다고 판단하였다.

이리하여, 1989년 水法을 통해 잉글랜드와 웨일즈 지방의 상하수도 사업은 영국식으로 전면 민영화되었다. 10개의 지역 수자원 기구의 주식은 매각되었으며, 영국 정부는 EU가 정한 상향 된 수질 기준을 인식하여 새로 탄생한 민간 기업들에게 50억 파운드에 달하는 빚을 탕감해 주었으며 16억의 현금을 지원하였다.

1989년 水法의 주요 내용은 다음과 같다.

- 국가 하천 기구(National Rivers Authority, NRA)가 수질관리;
- Office of Water Services의 Director General of Water Services가 가격 통제라는 경제적 방법을 통하여 상하수도 사업 규제 및 소비자 보호를 담당;
- 물 회사들과는 독립된, 소비자를 대표하는 10개의 지역 소비자 서비스 위원회 (Customer Service Committee, CSCs) 설립;
- 10개의 지역 수자원 기구 안으로 묶이지 않았던 29개 (89년 당시)의 소규모 법정 민

11) 그러나 스코틀랜드는 정치적 선택에 의하여 여전히 물 관련 서비스가 공공에 의해 제공되고 있다. 이곳에서 상하수서비스는 스코틀랜드 물개발중앙위원회(Central Scotland Water Development Board)의 감독 하에 9개의 지역 위원회와 3개의 도서(島嶼) 위원회로 지역적으로 분리 운영되고 있다. 과거 소규모 시 소유 공기업들은 통합되어 3개의 대규모 공공 상하수도 관리 기구가 존재한다. 북부 아일랜드에서 역시 정치적인 이유로 인해 상하수도 집행국 (Water Executive)라는 환경부 산하 부서에 의해 제공되고 있다.

12) 프랑스식 민간 참여 방식은 주로 양여(concession) 또는 위탁 운영(affermage)으로, 기초 지방자치 단체가 시설물의 소유권을 가지되, 민간 기업이 신규 시설에 필요한 투자와 운영 책임을 맡는 형식이다. 민간 기업은 계약으로 장기간의 시설 운영권을 확보하고 이를 통해 투자비용을 회수한다.

간 회사들도 동일한 통제 시스템 하에 들게 하였다.

잉글랜드와 웨일즈를 10개로 나눈 지역 수자원 기구의 공간 조직 구조가 그대로 유지된 상태로 자산이 민간에게 매각됨으로써, 유역 전체를 덮는 10개의 대규모 상하수도 회사(Water and Sewerage Company)가 탄생하였다.

이 민간 기업들은 Secretary of State 또는 물 서비스국(Office of Water Services)의 총책임자(Director General)로부터 면허(licence)를 받아 일정 사업지역에 대한 독점권을 획득하는데, (i) 주 송수관 및 기타 송수관들을 유지, 개량, 확장하며, (ii) 효율적이고 경제적인 물 공급 시스템을 발전시키며, (iii) 물을 공급할 능력을 갖추고, 요청이 있는 경우 이를 제공한다.

현재, 잉글랜드와 웨일즈에는 상수도 하수도 서비스를 동시에 다루는 상하수도 회사(Water and Sewerage Company)가 10개, 상수 서비스만을 담당하는 소규모 회사로 상수도 회사(Water only Company)가 13개 있다. 이 13개의 상수도 회사는 과거 지방자치단체(지방자치 단체간 협력체)에 의해 설립되어 후에 민영화된 회사들로서 상하수도 회사보다 좁은 지역에 상수 서비스(취수, 정수, 공급)를 공급한다.

대개의 경우, 한 지역에 상하수도를 동시에 취급하는 하나의 상하수도 회사가 있지만 인구가 밀집한 지역에서는 상수도만을 공급하는 상수도 회사와 하수도를 공급하는 상하수도 회사가 동시에 존재하기도 한다. 하수도 부문에서는 한 회사의 지역 독점이 유지되고 있으나 상수도 서비스에 있어서는 기업간 경쟁이 장려되고 있다.

### c)

자산에 대한 소유권과 운영권이 모두 민간 기업에게 이전되었지만, 상하수도 서비스가 갖는 중요한 공공 서비스로서의 공공성 견지와 효율적인 공공 규제를 위하여 영국은 중앙 차원의 독립된 공공 기관들을 만들어 놓고 있다.

- 환경국 (Environment Agency, EA): 오염감시국 (Her Majestys Inspector of Pollution, HMIP)과 국가 하천기구(National River Authority)의 통합을 통해 만들어진 기구로, 1995년 환경법(Environment Act)에 의해 설립되었다. 상하수도 회사에 의한 환경 오염을 방지하는 임무를 띤다.
- 수질 검사소 (Drinking Water Inspectorate, DWI) : 물 회사들이 인간이 마시기에 적합한, 정해진 양/질적 기준에 합격하는 물을 공급하고 있는지를 감독하며, 만일 이 기준에 들지 않을 경우 민간 사업자의 면허를 박탈할 수 있다. 또한 수질 분석이 전국 수준에서 통일성을 갖도록 하는 역할도 한다.

- 물 서비스국 (Office of Water Services, Ofwat) : 영국식 상하수도 서비스의 가장 큰 특징중의 하나가 이 물 서비스국을 통한 경제적 규제이다. Ofwat은 잉글랜드와 웨일즈의 상하수도 민간 사업자에게 사업 면허를 주고, 그들의 기능을 잘 수행하는 것을 돕고, 서비스 사용자의 이익을 보호하는 것을 목적으로 한다.

이러한 영국식 규제 체제에 대한 비판은 먼저, 공공 서비스에 대해서 공공의 역할이 매우 제한적이라는 데 있다. 또한 환경, 건강, 경제 부문 각각에 규제가 분리되어 행해지면서 물 관련 정책의 총괄적 비전이 부족하다는 비판도 있다.

#### d) (Office of Water Services, OFWAT)

물서비스국 (OFWAT)의 역할들은 장관과 분담되거나 장관을 대행하여 총 책임자(Director General)가 수행한다. 총 책임자(Director General)는 장관에 의해 임명되며 약 130명의 직원을 두고 있다. 연 예산은 전액, 민간 사업자들의 사업 실적 비례 납부금으로 충당된다.

물 서비스국은 상수도 사업법에 따라 민간 사업자를 선정, 면허를 주며, 사업자들이 상하수도 서비스를 잘 운영하고, 스스로의 사업 수행에 필요한 재정을 확보할 수 있도록 조정, 감독하는 역할을 한다. 즉, 이들이 제공하는 서비스의 품질, 계획에 따른 투자시행 여부, 또 이 투자를 통해 적정한 수준의 이윤을 거두어 들임으로써 계획된 투자에 필요한 재정을 확보하고 있는지를 감독하고, 가격 규제를 통해 이를 조정한다.

#### ○ 가격 기준 설정

잉글랜드와 웨일즈의 수돗물 가격 변동폭은  $RPI + K$  공식에 의해 결정되는데, OFWAT은 각 민간 기업들의 자산 및 운영 상태를 비교 평가하고, 정책, 환경 등 기업 외 변수들을 고려하여 각 회사에 마다 적당한 수준의 K 지수를 부여하는 역할을 한다.<sup>13)</sup> K는 조정 지수로, 각 회사가 제공하는 수돗물 가격의 변동 가능 폭을 나타내는데, 소비자에게 양질의 서비스를 제공하면서 환경기준에 적합한 필요한 설비 투자를 할 수 있는 민간 사업자의 재정력을 보장하면서도, 공공 서비스로서 상하수도 서비스에 대한 소비자 부담을 줄이기 위해 사업자의 이윤을 적절한 수준에서 통제하는 기능이 이를 통해서 이루어진다. 일반적으로 현재 자산 가치에 대해 약 2%의 저율의 수익을 보장하도록 하되, 신규 시설 투자가 있는 경우는 민간 부문의 자본 비용에 해당하는 만큼 수익이 보장되도록 K 지수를 설정한다.

13) 만약 민간 기업이 자신의 K 지수에 만족하지 않을 경우는 경쟁 위원회(Competition Commission)에 이를 재심사 요청할 수 있다.



가격 제한을 위한 K 지수 설정은 매 5년마다 이루어지는데, 정기 진단(Periodic Review)은 각 상(하)수도 회사들의 경영 효율을 평가하는데 있어 가장 우수한 회사의 것과 일대일 비교하는 소위 비교 경쟁 제도(Comparative competition)를 도입함으로써, 자유시장에서의 경쟁이 갖는 효과를 노렸다. 또한 각 회사의 자산 경영 계획을 고려하였으며, 향후 적용될 수질 기준을 점검하였다. 소비자 서비스 위원회의 자문을 구하는 등 소비자의 참여도 이루어졌다.

민영화 당시 민간 사업자들은 유럽 연합이 제정한 기준에 미달하는 노후한 설비들에 대한 5개년 투자 계획을 수립하였고, 이 투자 계획의 재정이 거의 전적으로 물 값 인상을 통해 조달되었기 때문에 이에 따라 시민들의 부담이 가중되었다.<sup>14)</sup> 정부가 애초에 예기치 못했던 예를 들면 유럽연합의 환경 정책 등과 같은 변수가 발생할 경우 민간 기업에게 초과 비용 부담이 초래되는데, 비용 전이(轉移) 시스템을 통해, OFWAT은 비용의 증가(감소)분을 소비자에게 직접적으로 전가하는 것을 허락할 수 있다.

#### ○ 소비자 보호

OFWAT의 두 번째 임무는 소비자 보호자로서의 역할이다. 상하수도 서비스가 지방자치단체의 손을 떠나면서, 소비자로서의 시민 참여 폭이 제한될 수 있는데 이를 만회하기 위한 정책 도구들이 OFWAT에 의해 행해지고 있다.

상수도 공급과 관련하여 기준(Guaranteed Standards Scheme)을 설정, 감독하고 만약의 경우가 기준에 미달하는 경우 시행 업자가 소비자에게 이를 배상하도록 할 수 있다.

또한 가정, 산업 등 모든 분야의 소비자 대표로 구성된 10개의 지역 소비자 서비스 위원회(Customer Service Committees, CSCs)를 설립하여, 소비자들 이익을 대변하는데, 민원을 좇아 현지 실사를 하며, 소비자의 동참 하에 민간 사업자들이 제의한 시행 안들을 적용 실시한다.

#### e) 가

잉글랜드와 웨일즈의 상하수도 서비스는, 소유와 운영에 있어서 완전히 민간 기업의 손

14) 영국의 수도요금 고지서에는 상수처리, 배급, 하수처리, 강수(降水)처리, 범람을 막기 위한 각종 서비스 비용이 포함된다. 가격 산정 체계로 다음 두 가지가 있다.

- 소비량에 준하여 가격 산정;
- 과세 가능한 다른 변수(지표)에 준하여 가격 산정 (94%의 소비자가 수도 계량기를 갖추고 있지 않다).

에 넘어 갔지만, 면허를 통한 일정 지역내의 독점권 인정으로 민간 기업들간 경쟁의 가능성이 지극히 제한되어 있으며, 또한 국가의 강력한 규제를 받고 있다. 이는 공공 서비스의 공공성과 제공자로서 민간 기업이 갖는 장점과 이해가 영국식으로 결합된 민영화의 한 방식을 보여 준다.

실질적으로 민영화 이래 10여년 동안 운영 효율성이 괄목할 만큼 개선되었으며 이는 상하수도 서비스가 아직 공공에 의해 운영되고 있는 영국 내 스코틀랜드 등과의 비교에서 더욱 잘 드러난다. 한편, 소비자에게 제공되는 서비스 및 수질, 환경 기준에 있어서도 확실한 향상이 있었다.

이상은 민영화 이래 증가한 설비 투자와 영국식 규제 기능들의 효과라고 할 수 있는데, 가격 제한을 통한 정부의 강력한 규제 기능은 한편으로는 기업의 이윤 동기를 제한하기도 하지만 또 다른 한편으로는 그 틀 안에서 민간 기업들의 생산성 향상을 통한 이윤 추구를 장려함으로써 자유 시장 체제하에서의 경쟁 효과를 어느 정도는 대체하고 있다.

프랑스에서 상하수도 서비스의 제공은 기초 지방자치 단체인 코뮌(commune)의 중요한 고유 권한으로서, 코뮌은 이를 직영하거나 민간 기업에게 운영을 맡길 수 있다. 두 운영 형식 모두에서 지방자치 단체가 시설에 대한 소유권 및 서비스 통제권을 가지는데, 따라서 프랑스에서의 민간 기업 참여 형태는 영국식의 민영화(privatisation)가 아니라 대리 운영(délégation)이라고 할 수 있다. 프랑스 시스템에서는 시민의 참여가 용이하고, 서비스 제공을 둘러싸고 경쟁(직영과 대리운영, 대리 운영을 하는 민간 기업간)이 존재한다. 또한 대리 운영에 있어서는 지방자치 단체와 민간 기업간의 권한 분배 및 참여 정도가 다양한, 여러 형태의 계약 방식 및 이에 대한 법률적 지침들이 존재한다는 것도 큰 특징의 하나이다.

프랑스에서 상하수도 서비스에 대한 민간 기업의 참여는 1853년 Générale des eaux 회사의 설립 이래로 150여년의 오랜 역사를 가지고 있으며 오늘날 상수도 서비스의 75 % 하수도 서비스의 60 %가 민간 기업에 의해 제공되고 있다.

다음은 프랑스 상하수도 서비스의 운영 방식들이다.

#### ○ 지방자치단체에 의한 직영(régie)

지방자치단체에 의한 직영의 종류는 다음의 세가지로 나눌 수 있다.

- 순수 직영(régie directe) : 코뮌(또는 코뮌간 협력체) 소속 공무원들에 의해 직영

---

되는 형태를 말하는데, 전체 직영 형태의 90%를 차지한다.

- 독립 재정식 직영 (régie autonome) : 지자체가 지침을 결정하면 운영 위원회(conseil d'exploitation)와 실무 책임자(directeur)가 서비스를 관리한다. 효율성 강화를 위한 관리 기구를 두면서도 지자체가 서비스를 장악하기에 용이하다.
- 법인화한 독립 재정식 직영 (régie personnalisée) : 진정한 의미에서의 공공기관 (établissement public)을 설립하여 서비스를 제공하는 방식을 말하는데, 심의회 (assemblée délibérante), 의장 (président), 실무 책임자 (directeur)로 구성된 운영 위원회 (conseil d'administration) 를 둔다. 이때 실무 책임자는 운영 위원회의 추천을 받아 도지사가 임명하는데, 폭 넓은 권한을 가진다. 지방자치단체가 운영 위원회 구성원의 3/4를 지명하기 때문에 지자체의 통제가 가능하나, 수직적이라기 보다는 후견/감독의 형식을 띠기 때문에 서비스 운영이 더욱 독립적이다. 일정 규모 이상의 수준이 되어야만 적용에 유리하므로 적용 사례는 많지 않다.

직영 시스템은 공공 서비스에 대한 공공의 통제권 확보가 용이하다는 장점이 있으나, 자금 및 (충분히 기술을 갖춘) 인력을 조달하거나 순환시키는데 있어서 민간 경영보다 생산성이 떨어진다는 약점이 있다. 이는 직영 방식이 경제적 이윤만이 아닌 사회적, 도시 계획적 목적을 가지기 때문이다.

직영 방식의 틀 안에서, 일부 기능의 작동을 위해 외부 기업과 계약 관계를 통해 협력을 하기도 한다. 이 때 외부 민간 기업이 서비스 공급에 있어서 절대적인 역할을 할 수도 있지만 소비자와 직접적으로 접촉하지 않는다.

#### ○ 대리운영 (gestion déléguée)

프랑스에서 gestion déléguée (대리 운영)이란, 지방자치단체 또는 특정 서비스 공급을 위해 별도로 설립된 공공기관이 아닌, 다른 법인에게 공공 서비스 운영이 맡겨 지는 형식을 말한다. 일반적으로 양여(concession)라고 불리 우는데 실질적으로 양여는 대리 운영의 한 형태이다.

대리운영의 종류도 다음과 같이 나눌 수 있다.

- 순수 양여 (concession de service et de travail public): 꼬뮌이 민간 기업으로 하여금 시설물을 건축하게 하고, 위험/재난의 부담을 맡아서 일정 계약 기간 동안 책임 운영하게 하는 방식이다. 이때 민간 기업이 소비자에게 직접 요금을 부과하여 건설비용과 운영 이익을 회수한다. 공공시설 점유에 따른 사용료를 제외하고 난 요

금 전체를 양도받은 민간기업에 귀속된다. 따라서 계약 기간은 상대적으로 길며 서비스에 대해 꼬핀의 통제 권한이 약하다. 일반적으로 확장기에 있는 서비스 관리에 많이 사용되며 이 시기가 지나면 점차 감소한다.

- 위탁 운영 (affermage): 양여 또는 꼬핀에 의해 건설된 시설물이 이미 있는 상황에서, 민간 기업은 운영만을 책임지는 형식이다. 민간 기업이 일정부분의 시설 공사(특히 시설의 개·보수)를 맡기도 하는데, 원칙적으로 양여에는 못 미치지만 계약 기간이 비교적 길다. 소비자가 민간 기업에게 요금을 지불하면, 이를 지자체와 민간 기업 양자가 나눠서 갖는데 여기서 지자체 몫의 요금은 부가세 형태를 띤다.
- 이윤 배당 관리 (régie intéressée): 지자체가 모든 재정 책임을 지며, 외부 민간 기업에게는 서비스 공급만을 맡기는 형태이다. 대리 운영자는 서비스를 제공하고, 사용자와 접촉하며, 단기적으로 필요한 시설 공사를 하며, 지자체는 민간 기업에게 계약된 도급가와 이윤 배당금을 지불한다. 서비스 가격은 민간 기업과 지자체 간 협의에 의해 결정된다. 계약 기간이 상대적으로 짧고 지자체의 통제력이 크다.
- 관리 운영 (gerence): 이윤 배당 관리 방식(régie intéressée)과 매우 유사한데, 차이점은 민간 기업이 가격 결정에 참여하지 않으며, 이윤 배당금 같은 것 없이 계약된 도급가만을 받는다는 것이다.

민간 기업이 참여하는 프랑스식 모델에 나타나는 최근의 변화들은 대리 경영에 대한 새로운 가능성을 열어 주고 있다.

초기의 민간 대리 관리는 순수 양여(concession pure)의 측면을 띠었는데, 이는 자유주의 국가가 공공의 개입을 최소화하기 원했기 때문이며 또 한편으로는 국토정비에 소요되는 공공자본의 부족 때문이다. 프랑스에서는 공공 목적을 위한 저리 대출 제도가 발달하면서, 지자체 몫의 건설비용을 저리의 공공 대출로 충당하고 민간기업에게 일상적인 관리 책임을 줄 수 있는 위탁 경영 방식 (affermage)이 우위에 있었다.

최근에는 순수 양여 방식보다 위탁 경영방식이 우위에 있는데, 이는 과거에 비해 훨씬 적은 투자수요에 기반을 둔다. 확장·건설 국면이라기보다는 관리 운영할 대상이 되어 가고 있는 것이다. 따라서 오늘날 프랑스 공공 서비스 대리 운영의 대표적 모델로서 위탁 운영은 투자 재정 논리에 기반을 둔 영국 시스템과는 달리, 운영에 있어서의 효율성을 강조하는 모델이라고 볼 수 있다. 민간 기업이 갖는 전문화된 앞선 기술을 도입하여 운영과 경영에서 최적화를 추구하고 지방자치단체가 이에 대한 통제 권한을 유지하는 이 운영 방식은 가장 대표적인 대리 운영 방식이라고 할 수 있다.

한편, 대리 운영 방식에 질적인 변화도 나타나고 있는데, 과거에 비해 계약이 더욱 정교해지고, 위탁 경영자에게 부과되는 강제 조항들이 많아 졌으며, 원활한 서비스를 위한 제재가 다양하게 존재한다. 또한 위험의 분담 부분도 과거에는 민간부문의 부담이 컸었으나 오늘날에는 꼬뮌이 지원과 보증을 강화하여 공동 책임화함으로써 대리 운영이 갖는 위험 및 이점들이 공공화 되는 경향이다.

#### ○ 상하수도 서비스의 관리/통제 조직

##### － 꼬뮌

프랑스 상하수도 서비스 운영 방식의 특징은 중앙 정부, 지방 자치단체, 민간기업간의 협력 관계이다. 프랑스에서는 1982년 이래 지방분권이 강력하게 실시되면서 공공 서비스의 공급과 관련되는 상당한 권한이 지방자치 단체에 이관되었는데, 특히 국지 근접 서비스인 상하수도 서비스는 전통적으로 기초자치 단체인 꼬뮌(commune)의 고유 권한이다.

프랑스에서 상하수도 서비스의 생산, 배급, 통제에 있어 최종적인 권한은 지방자치단체에 있으며, 꼬뮌의 장은 상하수도 서비스의 이용자들의 이익을 대변하여 민간 사업자를 선정하고, 제공되는 서비스 내용을 감시·감독하는 경찰기능도 가지고 있다.

상하수도 서비스 산업에 있어서 재정적 위험 부담이 상당하고, 경제/재정상 운영이 더욱 엄격하며, 기술이 점점 전문화되고 있기 때문에 프랑스에서는 점점 더 많은 꼬뮌이 대리 경영을 선택하고 있는데, 이러한 조건들은 한편으로 이웃하는 복수 개의 꼬뮌들이 서로 협력하여 단일 공급권을 형성함으로써 운영과 통제면에서 규모의 경제를 도모하는 것을 촉진시키고 있다. 실질적으로 오늘날 서비스 공급 단위는 개별 꼬뮌이기보다는 이들이 구성한 Syndicat, communauté 등과 같은 꼬뮌들의 협력체이다.

##### － 정부 조직

정부는 음용수의 수질 기준을 결정하거나 공공 서비스 법, 경쟁 법 등 이 분야 서비스 시장에 영향을 미치는 법률들을 제정한다. 각각의 부처들은 자신들의 영역 안에서 물과 관련되어 있는 사업들을 관리하고, 부처간 갈등이 있을 경우는 수상이 조정/중재 역할을 한다. 그러나 상하수 관련 업무를 총괄하는 정부 부처는 국토개발 및 환경부 (Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement)이다. 특히 이곳의 수도국 (Direction de l'Eau)은 정부에 자문 역할을 하며 상하수도 사무소 (Agence de l'Eau)를 감독한다.

또 전국 차원에서의 조율을 위하여, 물과 관련된 모든 정책을 관련 모든 당사자들이 모여서 협의하는 국가 위원회(Comité National de l'Eau)가 있다.

- 수계 중심의 지역 조직: 상하수도 사무소 (Agence de l'Eau), 유역 위원회 (Comité de bassin)

이상의 중앙 조직 외에 지방 조직과 관련하여서는 두 가지 원칙이 존재하는데 이는 물과 관련한 정책은 수계를 중심으로 조직되어야 하며, 국토 계획의 일부로서 계획 하에 엄격히 시행되어야 한다는 것이었다. 국가와 지방자치 단체의 권한은 행정구역 경계의 제한을 강하게 받지만, 소비자들의 행위는 상류와 하류, 수원 인접지와 멀리 떨어진 곳 등 수계를 둘러싸고 서로 영향을 주고받으며 이 수계는 행정구역 경계를 뛰어 넘는다. 따라서 유역 수준에서만 조정과 중재가 더욱 공평하게 보장될 수 있다.

우선, 프랑스에서는 상하수도 서비스의 관리와 통제를 위하여 전국을 수계 유역을 기준으로 6개 (Artois-Picardie, Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Rhin-Meuse, Rhone-Mediterranee-Corse)로 나누고 있는데, 여섯 유역 각각에, 물 관련 정책을 결정하는 심의체로서 유역 위원회 (Comité de bassin)와, 결정된 정책들을 시행하는 상하수도 사무소 (Agence de l'Eau)를 둔다.

상하수도 사무소는 국가가 수질 오염 관련 규제를 강화하고 이를 적용하기 위해 1964년 법으로 창설한 국가 공공 기관으로서, 건설에 필요한 비용을 보조하거나 대출해 줌으로써, 공공 또는 민간이 계획하는 유역 내의 오염 방지 시설, 물 공급 시설, 침수 방지 시설 건설을 지원하는 것이 주된 임무이다. 더욱 활성화된 계기는 80년대의 지방분권 개혁과 1991년 유럽연합 차원에서 결정된 도시 하수 기준의 강화이다.

상하수 사무소는 전형적인 국가 공공 기관 모델을 좇아 운영위원회(conseil d'administration), 운영 책임자(director), 운영 조직을 두고 있는데, 운영 위원회는 의장과 지자체 대표자 8명, 다양한 범주의 사용자 대표 8명, 국가 (정부 부처) 대표 8명, 상하수 사무소 대표 1명이 포함되는 위원들로 구성되며 6년마다 재구성된다.

상하수도 사무소의 재정은 취수량 및 물 소비량, 오염 분을 기준으로, 가정, 산업체, 농민에게 부과되는 부가세를 통해 마련된다.<sup>15)</sup> 위탁 경영을 하는 민간 기업이나, 직영인 경우 꼬핀이 물의 요금에 덧붙여 징수한 이 부가세는 상하수도 사무소로 귀속되며, 상하수도 사무소는 이를 지원금과 대출금의 형태로 재분배한다. 프랑스에서 물 가격은 오염자부담 혹은 이용자부담원칙에 따르는데,<sup>16)</sup> 이 때 물 소비량 및 오염 정도를 기준으로 산출되는

15) 상하수 사무소를 통하지 않는 상하수도 사업 관련 재정 수단들로서는, 국가 일반 예산, 농업부가 관리하는 농촌 꼬핀 지원을 위한 수로 설비 국민 기금 (Fonds National pour le Développement des adductions, FNDAE), 유럽 연합 지원 기금, 각 지방자치단체의 예산 등이 있다.

16) 프랑스에서 소비자가 물과 관련하여 지불하는 내역을 보면, 물 소비량, 계량기 관리 및 가정까지의 수

---

이 부과세의 상세 근거와 비율은 유역 위원회에서 결정된다.

물과 관련한 정책에서 지방자치 단체의 영향력은 지방 분권법 이래 더욱 증가하고 있으며 소비자(시민)는 지방자치단체를 통로로 가질 뿐만 아니라 이 유역 위원회를 통하여 정책 결정과정에 참여 할 수 있다.

1984년 법으로 창설된 유역 위원회 (Comité de bassin)는 유역 내 지방자치단체 대표; 소비자 및 전문가 대표; 국가에 의해 임명된 사람들로 구성되는데, 상하수도 사무소가 징수하게 될 부가세의 근거와 비율을 결정하는 외에도 i) 공공의 이익을 위한 토목 공사 및 정비의 적합성, ii) 지방자치 단체들, 공공 기관들 간의 분쟁, iii) 물 관리 기본 계획 수립 등에 대해 자문 역할을 한다. 특히 물관리 기본계획(SDAGE)은 상하수도 서비스 지역 조직의 두 가지 원칙 (수계를 단위로 계획하에 엄격히 정책 결정/시행)에 충실한 새로운 시도이다. 1992년 水法으로 제정되었으며, 환경부의 수도국과 함께 각 유역 위원회가 지역 실정에 맞게 수립하는, 10년에서 15년이라는 중기간 수자원 보존/관리 계획이다.

#### ○ 법률에 의한 통제

프랑스 시스템의 한 특징은 민간 기업이 상하수도 서비스 공급에 다양한 계약 형태로 참여하며, 水法 (Loi de l'Eau, 1992), Sapin법(Loi de Sapin, 1993), Mazaud 법(Loi de Mazaud, 1995) 등 이에 대한 법률적 지침이 발달해 있다는 것이다. 이러한 법률들은 민간 기업이 상하수 사업에 참여하는 형태와 절차를 규정하고, 민간 기업의 참여 하에 이루어지는 서비스 내용을 규제한다. 또한 민간 기업에 비해 전문적이지 못한 작은 지방자치단체가 이들과 공공 서비스 대리 운영 계약을 체결할 때 참고로 할 수 있는 일종의 계약 모델로서 책임 조항집 (cahier des charges types)이 존재한다.

#### － 水法 (1992)

1964년의 水法을 수정한 1992년 법은 꼬뮌의 상하수도 사업이 조직과 재정면에서 꼬뮌으로부터 독립되어야 하며, 예산의 분리를 규정하고 있다. 이로써 프랑스에서는 독일의 Stadtwerke<sup>17)</sup> 같은 지방자치단체 회사의 설립은 불가능하다. 또한 수도요금에 물 사용량,

---

로 연결비, 하수 처리비, FNDAE와 상하수도 사무소에 대한 부가세 등이며 여기에 각종 세금 (부가가치세, 지방자치세 부과세 등)이 붙는다.

17) Stadtwerke는 지방자치단체(또는 지방자치 단체 연합체)가 설립한 일종의 공기업으로 지역난방, 대중교통, 상·하수도, 가스, 전기, 전화 및 유선 방송에 이르는 여러 공공 서비스들을 독점하여 공급한다. 지방자치단체와의 유대 정도에 따라서 Eigenbetrieb (매우 긴밀), Eigengesellschaft (운영이 더욱 독립적)으로 구분할 수 있는데 최근 추세는 점점 후자쪽으로 가고 있다.

환경 서비스, 세금(일반세 및 기타 부가세) 등 세 항목이 포함됨을 명시하였다.

－ Sapin 법(1993)

1993년에 제정된 부패 방지와 경제 활동의 투명성, 공공 절차에 관한 Sapin 법 (Loi relative à la prévention de la corruption et à la transparence de la vie économique et des procédures publiques)의 공공 서비스 조항에는 대리 운영에 관한 내용들이 포함되어 있다.

최초의 대리 경영 위탁이나 재개선에 있어서 매년 공개 입찰하는 것을 의무화함으로써, 경쟁을 강화하고 있으며, 운영계약에 있어서 투명성을 제고하고, 민간 기업과의 계약 체결에 있어서 지방자치단체의 대응 능력을 강화하는 것 등이 주된 내용이다.

－ Mazaud 법 (1995)

Mazaud 법 (loi Mazeau, 1995)은, 민간 대리 운영자가 사업 내용, 즉 제공된 서비스와 가격의 구성 내용에 관한 정보를 제공하는 것을 의무화하고 있으며, 보고서를 매년 발행, 이에 게시하도록 하고 있다. 지자체 장이나 지자체간 협력체 의장은 또한 매년 서비스의 가격과 질에 대한 보고서를 심의 총회에 제출해야 한다.

－ 책임조항집 (cahier des charges types)

전문 기술 인력면에서 부족한 지자체가 큰 민간 기업과 동등한 자격에서의 균형된 협상과 계약을 하는 것을 돕기 위한 또 다른 장치로서 책임조항집이 있다.

프랑스에서 위탁 운영의 원칙은, 공공 서비스에 대해 공공의 권한을 강화하는 한편, 대리 경영하는 민간 사업자에게는 또한 자율권과 책임을 최대한 부여함으로써 진정으로 서비스 운영권을 이전해야 한다는 것이다. 이는 지방자치단체와 민간 사업자 양자의 의무 및 책임의 합리적 분담을 요구하며 이를 위해 계약서에 포함되어야 하는 사항들을 정리해 놓고 있는 것이 책임조항집이다.

과거에는 이 조항집의 적용이 의무적이었으나, 1982년 지방 분권법이 지방자치 단체에 대한 중앙정부의 기술적 감독을 없애면서 선택 사항이 되었다. 지자체는 일종의 계약 견본이라고 할 수 있는 이 책임 조항집에서 필요하다고 판단되는 조항들을 선택하여 계약 문항에 넣을 수 있다.

○ 프랑스 시스템에 대한 평가

프랑스에서 상하수도 서비스 운영의 특징으로는 가장 먼저 공공의 책임성과 민간기업의 효율성을 조화시킨 위탁운영 방식(affermage)의 발달을 꼽을 수 있다. 환경 오염이 가속화되고, 수질 기준이 더욱 엄격해지고 있는 현실에서 전문화된 기술을 가진 민간 기업이 다양한



---

계약 형태를 통해, 공공과 책임을 분담함으로써 서비스 운영의 효율성이 제고되고 있다.

전체적으로 프랑스식 운영 방식은, 운영 방식 선택과 물 가격에 대한 결정이 꼬뮌에 의해 지역 수준에서 이루어짐으로써 지역 현실에 실질적으로 적응한 모델이라 할 수 있으며, 꼬뮌이 시설에 대한 소유권을 유지함으로써, 국가와 대형 민간기업에 대한 독립성을 견지할 수 있다. 한편 프랑스는 상하수도 사업에 있어서 경쟁이 존재한다. 프랑스의 민간 상하수도 시장은 Générale des Eaux, Ondéo라는 두 대기업에 의해 거의 독점 지배되고 있지만 이들 민간 기업간의 경쟁은 치열하다.

프랑스식 대리운영방식에 대한 비판으로는, 첫째, 대리 운영의 경우 가격 통제력이 직영에 비해 미약하다는 점이다. 수도물 가격은 상승하고 있으나 그 증가폭이 감소하고 있으며, 대리운영이 직영에 비해 가격이 높으나 그 가격격차도 감소하고 있다. 그러나 단순히 가격을 기준으로 운영 방식들을 평가하는 것이 적합하지 못한 것이, 가격이란 운영방식 외에도 지리적/기술적 요인들, 제공되는 서비스의 내용에 좌우되는 것이기 때문이다. 실제로 인구가 갑자기 증가하거나, 자연환경이 악화되거나 규제가 강화되는 등의 어려움에 처했을 때 민간으로의 위탁 운영을 결정하게 되는 경우가 많다.

또한 단순히 가격만을 기준으로 하는 판단의 위험성은, 서비스의 성격과 내용의 차이를 간과하게 한다는데 있다. 각 단계마다 운영/유지 비용과, 송수관의 교체와 확장 등을 위시하여 기타 시설 투자가 필요한데, 본질상 이 두 부분의 비용 모두를 포함하는 장기 계약은 현 단계의 운영, 유지 비용만을 고려한 단기 계약과 그 비용을 같이 할 수 없다. 수자원의 특성상 단기간에 받게 되는 즉각적 제약은 적은 반면, 단기간을 염두에 둔 이 선택이 미치게 될 보건상, 경제상의 영향은 매우 장기적이며 위중하다.

다음으로는 꼬뮌과 민간 대리 경영자간의 정보 불균형이다. 작은 지방자치 단체와, 이 분야에 전문화되어 있는 민간 대리 경영자가 같은 수준의 경험과 전문 지식을 가질 수는 없다. 프랑스에서는 꼬뮌들이 협력하여 서비스 조달 배후지를 광역화함으로써 규모의 경제를 추구하고, 전문 인력을 공유하는 등, 민간 기업과의 협상력 서비스에 대한 통제력을 강화하고 있다. 또한 정부 역시 꼬뮌들에 대한 기술 자문 기구를 기획하고 있으며, 법 제정을 통하여, 계약 내용에 대한 경제, 재정상의 정보들을 공개하게 하고 있다.

○ 독일의 상하수도 서비스 : 공공 사업기구에 의한 지역 독점

전통적으로 독일에서 공공 서비스들은 공공에 의해 독점 공급되고 있다. 상하수도 서비

스는 지방자치단체의 고유 권한 업무로서 상수도 서비스는 민간 기업에 위탁할 수 있는 선택 사업이며 하수도 서비스는 의무 사업이다. 지금까지 지방자치단체가 직영하거나 Stadtwerke 에 의해 운영되어 왔는데, Stadtwerke는 지역 난방, 대중 교통, 하수도, 상수도, 가스, 전기, 드물게는 전화 및 유선 방송에 이르는 여러 공공 서비스들을 독점하여 생산 공급하는, 지방자치단체(들) 소유의 회사로서, 인구가 10만 이상이 되는 기초 지방자치단체중 약 93%가 Stadtwerke를 두고 있다.

구동독 지역의 경우도 이와 유사하다. 1990년까지는 15개의 주 산하 공공 기구가 상하수도 서비스를 맡아보았는데 이후에 소유권이 지방자치단체로 이전되었고, 구서독의 영향을 받아, 서독과 같은 형태의 공공 운영 방식으로 전환하였다.

#### ○ 민간 기업 참여의 필요성 증가

독일도 유럽의 다른 나라와 마찬가지로 유럽 연합이 정한 새 수질 기준을 만족시키기 위해서 막대한 투자를 필요로 하고 있다. 수질이나 하수 처리 부분에서 이미 일정 수준 이상에 올랐으나, 특히 하수 처리 시설, 송수관 등 기존 시설물들의 노후성과 구 동독 지역에서의 새로운 투자 수요 때문이다. 그러나 도시에 따라서는 이미 영국의 두 배 이상까지 물 값이 높은 상황<sup>18)</sup>에서 세금을 높인다는 것은 불가능하며, 동서독 통일로 인해 국가나 지방자치 단체의 부채가 증가하였으므로, 투자에 필요한 새로운 재원을 공공에서 구한다는 것은 실현성이 희박해 보였다. 따라서 외부 민간으로부터의 재정지원이 더욱 필요하게 되었다.

또한 Stadtwerke의 중요한 사업이었던 전기 부문이 먼저 자유화되어 전체 재정에서 독립되어 나가면서 Stadtwerke의 재정 구조가 타격을 입게 되었다.<sup>19)</sup>

이러한 상황에서 대안은, 지역 단위의 공공 독점 관리 체제를 유지하면서 생산성 향상을 도모하거나, 시장을 자유화하고 민간의 참여를 활성화시키는 것이었다.

결과, 1990년대 초부터 민간 기업이 지방자치단체, 특히 대도시의 직접 경영에 참여하는 폭이 커지고 있다. 연방정부는 상하수도 부문에 규범이 너무 많고, 공공 기관으로서 생산성이 저하되어 있다고 진단하고, 민간 기업을 통한 전문 기술과 경영 방식의 도입이 상하

18) 1999년 말 유럽의 수도물 가격은 1m<sup>3</sup>당 독일 11.49 fms ; 영국 7.28 ; 프랑스 7.46 ; 네덜란드 7.50 등이다. 독일의 수도물은 유럽에서 가장 높지만 이 가격은 생산비를 전부 충당하지도 못한다.

19) Stadtwerke는 사업 부문간에 재정을 이전시킬 수 있는데, 예를 들어 전기와 가스에서 얻은 이윤을 대중 교통 또는 상수도 부문에 투입할 수 있다.

---

수도 사업에 효율성을 진작할 가능성에 주목하였다. 공공에 의한 지역 독점을 해제하여 경쟁을 도입함으로써 가격을 낮출 수 있을 뿐만 아니라, 상수도 사업과 하수도 사업의 시너지 효과를 도모하며, 현재의 작은 상하수도 회사들을 합병하여 더 나아가 프랑스의 Ondéo, Générale des eaux와 같은 세계적인 대기업을 키운다는 구상을 하였다.

#### ○ 민간 기업의 참여 형태 및 현황

현재 독일에서 민간 기업의 참여는 잉글랜드에서와 같은 의미에서의 민영화는 아니고 대부분의 경우 직영 체제 틀 안에서, 또는 시설 임대 형태로 민간 기업의 지원을 요청하는 것이라고 볼 수 있다. Stadwerke에 기술 및 자본을 투자하거나, 위탁 운영 계약, 양여 계약 또는 단순한 기술 지원 계약을 통해 상하수 서비스에 참여하고 있는 것이다.<sup>20)</sup>

독일에서 민간 부문의 참여는 크게 다음 형태를 띤다: i) 계약을 통한 위탁관리 (Betriebsführungsmodell, Betreibermodell), ii) 민관 합동회사 (Kooperationsmodell), iii) 특별한 경우로 베를린의 Berliner Model.

Betriebsführungsmodell은 위탁 경영(affermage)에 가깝고, 시설물 건설과 최소한 10년간의 운영을 내용으로 하는 Betreibermodell은 양여 방식(concession)과 유사하다. 그리고 이 두 모델에 대한 대안이라고 할 수 있는 Kooperationsmodell은 지자체와 민간이 50.1 %와 49.9%의 비율로 설립된 민관 합동 회사이다. 이 합동 회사는 지방자치단체로부터 시설을 매입하고 재정 및 시설 투자를 맡는다. 지방 자치 단체는 상하수도 서비스를 제공하는 권한을 가지며 이 회사에 대한 감독권을 가진다. 민관 합동 회사는 민간 기업 또는 제 3자에게 시설의 운영을 맡길 수 있다.

80년대 중반 이후 약 130개의 지방 자치 단체가 민간 기업을 파트너로 받아들이는 등 Betreibermodell를 중심으로 민간 참여가 확대되고 있다. 한편, 여전히 독일식 지역 공공 독점 방식은 옹호되고 있는데 그 논리는 물은 공공의 책임 하에 있어야 하며 잉글랜드와 웨일즈 시스템에서와 같이 상업주의적 논리 안에 들어가서는 안 된다는 것이다. 실제로 하수 처리장 운영을 민간에 맡길 수 있다는 내용이 법률에 명시된 것은 불과 1996년이며 독일 상수도 시장의 민간의 점유율은 10% 이하 (보고서에 따라서는 3%), 하수도 분야에서는 4% 수준이다.

---

20) 1999년 독일 물시장에의 공급자는 공기업 (Stadwerke)이 87.4%, BWB 4.9%, Gelsen Wasser 4.6%, Hamburger Wasserwerke 2.3%, Eurawasser 0.5%, Vivendi 0.6%로 이루어져 있다. (Prix de leau, éléments de comparaison entre modes de gestion, en France et en Europe, p. 115, 2001, BIPE)

지주들, 민간 기업들, 공공 기관들로 구성된 민간 운영 연합(Wasserverbände)이 존재하지만 소비자 참여, 지역 자립이라는 원칙에 기초하고 있으므로 역시 공공성이 크며 역시 물과 관련된 대규모 서비스는 Stadtwerke를 통한 기초 지방자치단체 또는 지방 자치단체간 협력체의 몫이다.

그러나 무엇보다 독일에서 민간 기업의 참여를 제한하고 있는 것은 상하수도 사업의 공공 독점을 명시하고 있는 법률이다. 민영화(Privatization)를 논하기 이전에 자유화(liberalization)을 통해서 공공의 독점을 해제한다면 경쟁이 촉진되고, 이로써 이윤 동기가 부여되어 더욱 효율적인 운영이 가능할 수 있을 것이다. 또한 재정적인 필요에 의해서 민간 기업의 참여는 더욱 늘어 날 것이다.

프랑스에서와는 달리, 민간 기업과 지방자치단체 간의 계약에 대한 법률들, 법률적 계약 모델이 존재하지 않는 점도 장기적으로 보았을 때는 상하수도 시장에 대한 민간 참여를 용이하지 않게 하는 한 요인이 될 수 있다. 이는 지역마다 운영 형태의 다양성을 조장하고, 협상을 위해 반드시 항상적인 변호사 동반을 필요로 한다.

한편, 지방자치단체 마다 서로 다른 여러 운영 방식이 혼재한다는 것은 지역의 특수성과 자립성에 대한 존중으로 볼 수도 있으나 서비스 수급 지역이 좁다는 점을 고려하면 규모의 경제가 어렵다는 점으로 연결된다. 또한 지방자치단체가 전문 인력을 충분히 갖추고 있는지도 문제가 된다. 현재, 통독에서 총 6600에서 7600개에 이르는 상하수도 회사가 존재한다고 하니, 독일 상하수도 사업의 공간 구조는 매우 작은 공급권으로 나뉘져 있음을 알 수 있다.

이상에서는 상하수도 서비스 분야의 대표적인 운영 시스템 유형인 잉글랜드와 웨일즈의 사례, 프랑스, 독일의 사례를 살펴보았다.

이 세 경우에서 관찰할 수 있는 전체 경향은 다음과 같다.

- 공공 서비스인 상하수도 서비스의 공급은 전통적으로 지방자치 단체의 권한 임무였으나 점차 민간 기업의 참여가 증가하고 있다.
- 민간 기업의 참여가 확대하게 된 가장 큰 동기는, 환경 시설에 대한 투자를 위한 막대한 재정이지만, 한편으로 경쟁을 통해 공공 운영이 갖는 비효율성을 줄이며, 민간 기업이 가지는 운영과 기술에서의 전문성을 도입하는 것이 필요했기 때문이다.
- 민간 기업의 참여가 증가하고 있지만, 상하수도 서비스는 중요한 공공 서비스의 하

---

나로서 국가(기관) 또는 지방자치 단체에 의해 엄격히 규제되고 있다. 이때 규제를 위한 법률적, 제도적 틀은 나라에 따라 다양하다.

- 실질적으로 민간 기업의 참여로 시설 투자가 증가하였고, 제공되는 서비스의 질에 있어서도 향상이 있었다.
- 공공과 민간 기업간의 책임 및 권한 분담은 나라별로 그리고 같은 나라 안에서도 계약 내용과 지역 실정에 따라서 매우 다양하다.

이 다양성을 구분하는 기준으로서 i) 시설의 소유권은 어디에 있는지, ii) 서비스 제공에 대한 운영위험과 책임을 지는 구조, iii) 가격결정 방식 등 세 가지 요인을 꼽을 수 있다.

프랑스에서는 시설물의 소유권은 직영과 대리 운영 모두에서 기초 지방자치단체인 꼬뮌에 있으며 서비스 제공에 있어서 위험과 책임 권한은 최종적으로 꼬뮌이 진다. 대리 운영의 경우 민간 기업과 꼬뮌이 서로 분담하며 이는 계약에 명시된다. 독일의 운영모드도 프랑스의 지자체 직영방식과 유사한데 민간 기업과의 계약관계는 덜 표면적이다. 자산은 Stadtwerke에 귀속되며 가격은 매년 비용을 기준으로 결정된다. 영국에서 자산의 소유주는 서비스를 제공하는 민간 기업이다.

가격의 결정에 있어서 프랑스 경우, 직영에 있어서는 꼬뮌이나, 꼬뮌간 협력체 의장이 가격을 결정한다. 가격은 일단 투자가 시작되고 나면 오르는 경향을 띤다. 대리 경영의 경우, 계약이 갱신될 때마다 재점검된다. 잉글랜드와 웨일즈에서는 통제기관(OFWAT)이 각 지역 계약 가격 수준을 결정하는데, 이때 민간 기업은 이 가격선을 넘을 수 없다.

기타, 각 나라별 운영 시스템이 갖는 중요한 차이점의 하나로서 경쟁을 들 수 있다. 아직도 대부분의 상하수도 서비스가 공공에 의해 지역 독점되고 있는 독일의 경우와, 면허를 통해 10개의 거대 물 회사에 대한 독점권이 인정되어 있으며 기업 이윤에 대한 강력한 규제가 존재하는 잉글랜드 및 웨일즈의 경우, 경쟁은 거의 존재하지 않는다. 잉글랜드와 웨일즈에서는 합병과 인수 등을 장려함으로써 경쟁의 활성화를 추구하고 있으며, 독일에서는 시장 자유화를 통해 경쟁의 걸림돌을 제거하는 것에 대해 논의가 진행되고 있다. 프랑스는 직영과 대리 경영간, 대리 경영을 하는 민간 사업자들 간의 경쟁이 발달해 있다.

광역화를 통한 규모의 경제면에서도 그 정도에 다르다. 민영화 정책을 실시하기 이전부터 이미 유역 전역을 덮는 단위 지역으로 서비스 수급권을 광역 제조직관 잉글랜드와 웨일즈는, 기초 지방자치 단체 단위로 세분화되어 있는 프랑스와 독일에 비해 규모의 경제 달성 수준이 높다. 프랑스와 독일은 기초 지방자치 단체간 협력 관계 강화를 통해 규모의 경제를 추구하고 있다.

이상의 사례들이 우리나라 정책이 시사하는 바로서는 먼저, 민영화를 포함한 물산업에 대한 체계 설정에 있어서 총체적인 시각을 가져야 한다는 점이다.

외국의 사례에서도 살펴보았듯이 각 나라의 운영 방식이 가진 개별 특성들은 그 자체로서 단독으로 존재하는 것이 아니라, 각 나라의 역사 및 지리적, 법률적, 제도적 현실과 결합하여 하나의 시스템을 형성하고 있다. 따라서 어떤 한 내용을 우리나라의 현실에 적용하기 위해서는 우선, 해당 나라의 개별 특성이 가지는 전체 맥락을 파악할 필요성이 있다.

한편, 민영화를 포함한 물산업의 구조적 조정은 서비스의 생산 및 공급, 운영 등 전 과정에 걸친 변화를 수반하는 시스템의 전환이라고 할 수 있다. 종래 공공의 몫이었던 환경 시설물 건설이 민간에게 맡겨지는 정도의 단편적인 변화가 아니라 서비스의 생산에서 공급 과정까지, 관련되는 제도적, 법률적 조건, 운영 방식에 대한 전면적인 변화, 더 나아가 공공 서비스라는 것에 대한 새로운 개념 정의가 요구될 수도 있을 것이다. 따라서 외국의 사례를 참고로 함에 있어 단편적으로 한 제도를 취하는 수준이 아니라 그 제도의 원래 맥락에 대한 이해가 있어야 하며, 건설에서 운영까지, 운영 형식에서 제도적, 법률적 틀에 이르기까지, 장기적이고 총괄적인 안목에서, 하나의 새로운 시스템으로서 모델을 구축해야 할 것이다.

다음으로는, 정보의 투명성과 공유이다. 상하수도 서비스에 대한 꼬핀의 통제나 OFWAT의 가격 규제 등, 사업자들의 서비스 제공 내용에 대한 평가와 규제에는 무엇보다 관련 정보의 공개성, 투명성이 우선되었다. 또한 민영화에 있어 필연적인 결과물은 아니지만, 공공 서비스 제공에 있어서 민간과 공공과의 권한 분담이라는 민영화 취지에 따른 부산물로서 발생하는 요금 인상에 대한 각국의 대처 방안으로서도 정보의 투명성을 들 수 있다.

수질에 대한 소비자 요구가 엄격해 지고, 규제가 강화되면서 물값 인하는 실질적으로 불가능한 상황이다. 또한 EU, OECD 등 국제기구적 차원에서도 장려하고 이미 각국에서 원칙으로 두고 있는 수돗물 가격 책정기준은 요금이 비용을 전액 포함하는 것으로, 투자의 필요성과 규모가 커질수록 수돗물 가격은 인상되지 않을 수 없다. 결국 소비자 부담의 증가라는 상황에 대한 사례국들의 대처 방안은 다름아닌, 물 값 결정 관련 정보의 투명성을 보장하는 것이다. 가격과 관련되는 정보를 공개하여 선택한 운영방식의 적합성을 제대로 평가하게 하고, 계약 시 시설 투자에 대한 계약 조건들을 명확히 기재하며, 수질을 엄격히 감시하고, 제공되는 서비스의 내용과 수준들을 널리 홍보하기 위해 힘쓰고 있다.

경쟁과 규제의 조화 역시 중요한 시사점을 준다. 공공 운영이 가지는 비효율성에 대한 대처 방안으로 경쟁은 중요한 요소이며, 민영화는 경쟁을 촉진시킨다. 한편 규제란 제공되는 서비스의 질을 보장하고 이를 위한 시설 투자의 장기적 기반 마련을 위한 것으로서 건

---

전한 민영화를 위해서 더욱 요구되는 사항이다. 건전하고 생산적인 경쟁을 위한 법률적 제도적 기반을 마련함으로써 규제 기능을 강화하고 민간 기업과 공공간의 균형 잡힌 파트너 관계를 구축하는 것이 중요할 것이다.

수급 단위 지역의 광역화도 중요한 문제라 할 수 있을 것이다. 독일이나 프랑스처럼 상하수도 서비스가 기초 지방 자치 단체 수준에서 이뤄지고 있는 상황에서는, 항상 규모의 경제라는 문제가 발생하고 있다. 특히 독일은 공급 주체 마저 소규모 지역 회사들로서 전문성을 확보하고 운영의 경제성을 향상시키는데 있어서, 세계적인 전문 기업의 절대적 영향력 아래에 있는 프랑스에 비해 훨씬 불리하다. 우리나라의 경우 역시, 서비스 수급단위의 광역화, 서비스 공급을 맡게 될 민간 회사의 전문성과 능력에 대한 기준 마련이 필요할 것이다.

## 5.

현재, 하수도사업을 포함한 물사업에 대한 민간부문 참여는 법·제도적으로는 마련이 되어 있으나, 그 실행을 위한 체계는 전적으로 미비하다고 볼 수 있다.

물사업에 대한 합리적인 민간부문 참여를 추진하기 위해서는 민간참여 형태 및 방법의 선택으로부터 민간사업의 시행관리, 사후관리 전반에 걸친 추진체계 및 절차의 합리화가 요구된다.

물사업에 대한 민간부문의 참여는 제한된 기술용역으로부터 공급체계의 완전한 소유까지 다양한 범위와 형태로 이루어질 수 있으며, 민간부문 참여형태별 대안은 소유권, 재정, 관리측면에서 민간과 공공부문역할이 다양하게 나타날 수 있다. 적합한 대안으로서 민간부문 참여에 대한 평가에는 그러한 민간참여를 관리할 관리체계 (Governance Structure)와 규제체계 (Regulatory Framework)에 대한 평가와 설계가 수반되어야 한다. 이러한 과정을 통해 민간참여 대안이 선택되면 적정한 민간참여 과정을 통해 민간사업의 운영이 이루어지게 된다. 이 때 참여과정에 대한 관리와 참여 후 민간사업에 대한 관리가 민간사업의 성공적 시행을 위한 중요한 역할을 한다.

민간사업의 시행관리는 i) 민간사업 시행의 각 단계에서 재정·건설·운영·규제위험과 그 관리방법의 검토, ii) 정책공식화, 기술적 분석, 법률 및 규제 정비, 경제적·재무적 분석 등 민간부문 참여 준비, iii) 민간사업자 선정, iv) 계약 과정 등에 대한 정교한 관리체계의

개발을 필요로 한다.

인프라 산업에의 민간부문 참여는 공공부문의 역할을 지금까지의 서비스 생산자 (규제자와 분리되지 않는)에서 물공급과 처리서비스의 제공에 지역사회와 민간부문의 참여를 허용하는 환경의 창출자와 규제자로 이동하도록 한다. 또한 이러한 공공부문의 규제자로서의 성공적인 역할 수행은 민간부문 참여를 성공적으로 유도하는 전제조건이다.

민간참여의 이행을 위한 감시와 규제 역할은 상당한 정도의 전문성을 요하며, 민간참여의 전과정에 걸쳐 요구된다. 따라서 그러한 역할을 수행하며 민간참여를 효과적으로 추진하기 위한 기능과 조직의 구축이 필요하다.

민간사업자 선정단계	- 민간사업자의 자격과 사업계획을 평가할 전문 평가조직 필요
계약이행 단계	- 계약이행의 감시를 위한 조직 (monitoring team) 설정 - 전문적인 협상 팀 구축 - 기술적, 법적, 재정적 조언 필요
건설 단계	- 감리 및 감시 (monitoring)
운영단계	- 정기적인 감사(inspections)와 시험(test)을 위한 전문 규제조직 필요

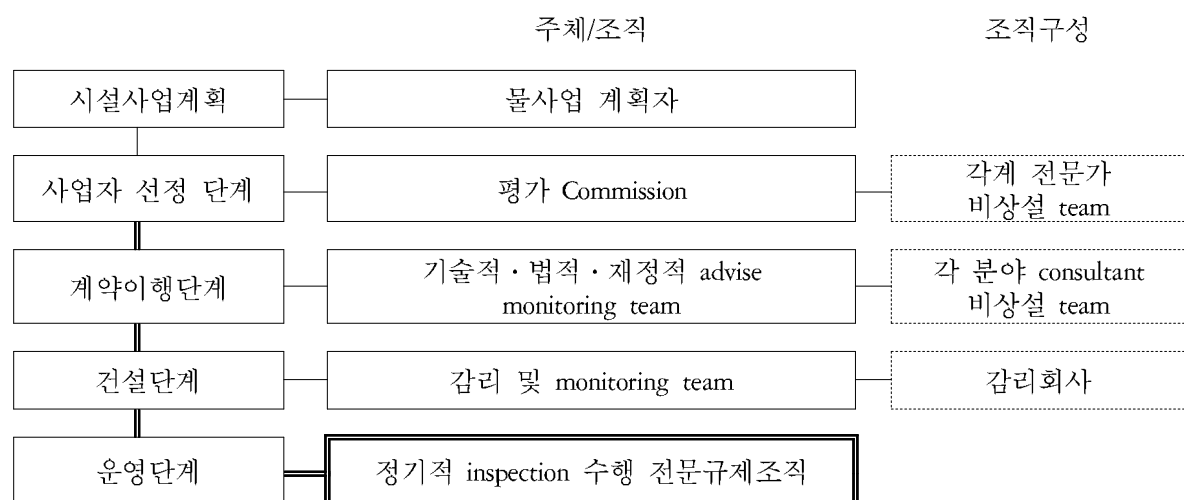
이러한 기능을 조직적으로 수행하기 위한 효율적인 기구적 구조로는 민간참여과정 전반을 관리하고, 운영단계의 전문적인 규제기능을 수행할 전문규제조직을 구축하고, 이를 주축으로 필요한 규제기능을 조직하는 방안을 가장 바람직한 방안으로 제안할 수 있다.

전문규제조직<sup>21)</sup>이 민간사업자 선정에서부터 계약이행, 건설, 운영의 전반적인 민간참여 과정을 관리하며, 민간참여의 단계 중 가장 장기에 걸친 주기적이고 전문적인 규제기능을 요하는 운영단계에서 정기적인 성과통제 (경제적 규제)를 수행하는 전문적 규제기능을 갖도록 한다. 단일 규제조직이 단계별로 상이한 전문적 기능이 요구되는 규제기능 전반을 모두 담당할 수 있는 조직(상설)으로 구축하기는 어려움이 있으며 바람직하지도 않으므로, 민간참여 과정의 각 단계에서 부분적으로 요구되는 규제관련 기능은 전문가나 전문조직에서 외부참여 (out-sourcing) 하도록 하는 비상설 조직으로 구성하여 수행하는 것이 바람직하다.

21) 독립적인 전문규제조직의 경우 미국의 PUC나 영국의 Office 같은 형태가 될 것이다.



즉, 민간사업자 선정단계에서는 잠재적 사업자의 능력과 사업계획을 평가할 수 있는 각 분야의 전문가로 민간사업자 선정을 위한 평가위원회(commission)를 구성하여 운영하며, 민간사업자 선정 후 계약의 이행단계에서는 계약의 구성과 이행에 관련된 전문적 지식을 제공하고 감시활동을 수행하도록 각 분야의 컨설턴드로부터 조언을 받고, 비상설 조직을 운영한다. 건설단계의 감시기능은 기존의 감리회사 및 컨설팅 회사의 기능이 발달되어 있으므로 이를 합리적으로 이용하도록 한다.



하수도시설을 포함한 물사업에의 민간참여 추진은 실제 이행단계에 앞서, 민간참여의 전제조건인 관리구조 (governance structure)의 정비와 미비한 법·제도 정비가 선행해서 이루어져야 할 것이다.

시설 설치계획의 수립에서부터 민간사업 운영 전체에 걸친 과정에서 소요될 것으로 예상되는 평균적인 기간은 다음과 같다.

1 단계	상하수도 서비스 공급의 필요와 우선순위 구축	6개월 ~ 1년
2 단계	필요한 시설사업 계획 (project identification)	3 ~ 6개월
3 단계	민간사업자 선택	6개월
4 단계	계약의 구축과 이행	6개월 ~ 1년
5 단계	시설건설	2 ~ 3년
6 단계	운영	20 ~ 30년
7 단계	이전 혹은 재협상	계약종료 6개월 전

물 사업체계의 조정은 사업의 주체와 범위, 사업수행 방법 등의 합리적인 정비를 의미하므로 물사업에의 민간부문 참여시 사업의 규모와 범위, 계약 대상, 규제의 주체 등과 밀접하게 연계되어 있다. 따라서 물사업체계의 조정은 민간부문 참여체계의 준비와 더불어 민간참여에 선행하여 이루어지는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

하수도사업에 대한 민간부문의 참여를 통해 바람직한 성과를 얻기 위해서는 (i) 적정한 부문정책 (가격설정, 경쟁, 공익 독점기업)과, (ii) 분쟁해결 메카니즘을 포함한 적합한 법적·규제적 정책, (iii) 위험을 분리하고 관리하며, 정부정책의 신뢰성을 증가시킬 필요가 있으며, (iv) 적정한 조건으로 민간부문의 장기 자본조달을 제공할 메카니즘의 마련, (v) 거래비용을 감소시키고 형평성을 보장하며, 정책의 투명성과 경쟁의 촉진이 필요하다.

민간부문 참여체계의 선택은 전체적인 환경기초시설 운영체계와 밀접하게 연계되며, 민간 참여의 여부와 그 형태에 따라 서비스 공급의 구조도 특성화되며, 효율적이고 효과적인 기구적 구조(Institutional Framework)의 설계, 관리구조 (Governance Structure)의 설계와 산업정책의 선택 및 효과성도 그에 따라 상이하게 나타난다.

하수도사업은 그 자연독점적 성격으로 인해 지역적으로 독점사업자가 공급하게 되므로 민간부문이 참여할 경우 민간사업자의 독점력 행사에 의해 사회적인 비효율이 발생하지 않도록 운영을 감시하고 통제하기 위한 규제시스템이 필요하다. 실제로 민간부문의 참여를 관리할 수 있는 규제적 능력과 체계의 존재는 민간참여의 실시에 있어서 전제조건이며, 민간부문참여는 공공부문의 통제가 없어지는 것을 의미하는 것이 아니라 공공과 민간부문 각각의 비교우위에 근거한 새로운 업무분담을 채택하는 것이다.

이러한 관리체계의 구조는 민영화와 양여권, BOT 계약, 관리계약 등 민간참여의 범위와 형태에 따라 필요한 구조가 상이하게 나타난다.

민간사업자에 대한 경제적 규제는 한 편으로는 수익성을 보장하는 방법이기도 하며, 다른 한 편으로는 사업자가 지역독점적 위치를 이용하여 과다한 이윤을 추구하는 것을 규제하는 방법으로 가격규제, 경쟁적 압력의 유지, 품질규제, 투자통제 등이 있다. 상하수도 서비스 공급의 공공성의 유지는 서비스 공급의 조건으로서 계약에서 규정한다.

---

환경규제는 규제기준의 변화로 인한 기업의 공급비용 변화를 고려하여야 하므로 경제적 규제와 연계되어 총체적인 효율성과 사회적 순편익을 달성할 수 있도록 마련되어야 한다.

민간부문 참여 협정의 성공에 영향을 미치는 주요요인 중 하나는 민간사업의 계약기간 동안 사업자의 성과와 계약준수여부를 감독하는 적절한 규제의 기능이며, 따라서 그러한 규제기능을 수행하는 규제조직이 필수적으로 필요하다. 이러한 규제조직은 i) 정치적으로 독립적이며 (구성원들은 일정기간 동안만 임명되어짐), ii) 투명해야 (규제기구의 모든 절차가 공식화됨) 한다.

민간부문 참여하의 하수도사업 관리를 위한 조직 및 기능의 정비는 물사업체계 조정과도 연계된다. 앞에서 제시한 물사업체계 합리화를 위한 조정방안에 따라 논의해 보면, 우선 지자체 연합조직으로 운영되는 광역 상하수도사업에 민간부문이 참여할 경우 사업주체인 지자체는 민간참여자와의 실질적인 계약주체가 되나, 그 경제적/환경적 측면의 통제에 전문성을 갖기 어려운 점을 고려하여 중앙정부나 유역관리기구에서 지원할 필요가 있다. 수계관리청에서 환경규제기능을 하고 경제적 측면의 규제는 지침제공 및 지원을 통해 지자체가 수행하도록 하는 방법이 있으며, 민간부문 참여의 정도가 커서 (양여권, 위탁관리 등) 규제 및 관리의 전문성이 상당히 요구되는 경우는 경제적 측면의 규제를 담당하는 독립적 기구를 두는 방안을 고려할 수 있다.

독립적인 광역상하수도사업조직이 존재할 경우는 민간부문 참여시 이 조직이 민간참여자와의 실질적인 계약주체가 되며, 경제적 측면을 통제함. 수계관리청이 환경적 규제자로 역할 할 수 있을 것이나, 지방자치단체도 광역상하수도사업조직의 환경규제 준수 여부를 감시할 의무와 권리를 가진다. 광역상하수도사업조직의 경제적 성과를 통제하는 제도적, 기구적 조직도 설치될 필요가 있다.

하수도사업을 포함한 물사업에 대한 민간부문의 참여는 물사업을 보다 효율적으로 운영하여 상하수도 서비스의 양적·질적 수요를 충족시키고, 통합적인 물관리체계의 요소로서 물사업이 효율적인 역할을 하도록 하기 위해 필요한 사업체계의 구조적 조정의 일부, 혹은

구성요소이다.

따라서 물사업체계의 구조적 조정과 민간부문 참여는 밀접하게 연계되어 있으며, 그 추진도 일관성 있는 기반에서 이루어져야 할 것이다.

물사업의 광역화와 구조적 조정은 물사업 계획·추진의 주체를 구조적으로 조정 (기구적 구조조정)함 뿐 아니라 그에 따른 관리구조의 개편을 의미한다. 민간부문의 참여는 지금까지 지방자치단체를 중심으로 운영되어 생산자와 규제자가 동일한 체계였던 물사업에 대해 생산자와 규제자의 분리를 의미하며, 규제자로서 공공부문은 참여한 민간사업자에 대한 관리를 전문적으로 수행할 수 있는 조직과 기능으로의 개편을 필요로 하는 것이다.

이러한 민간부문 참여를 포함한 물사업체계의 구조적인 조정의 추진에는 정부의 일관적인 추진전략과 추진력이 필요하다 할 것이다. 물사업체계에 대한 구조적인 조정에는 물사업 및 관련 정책에 연관되어 있는 환경부, 행정자치부, 건설교통부 등 정부부처들이 정책방향을 정하고 일관성 있고 구조적으로 추진하는 것이 반드시 필요하다.

하수도사업에의 민간부문 참여에 있어서도 민간부문의 참여가 타당하며, 효율적인 결과를 가져올 것인지는 사전적·절대적으로 결론 내릴 수 있는 문제는 아니며, 하수도서비스의 재화적, 생산적 특성을 고려하고, 민간부문 참여에 따라 기대되는 효과와 예상 문제점들을 충분히 고려하여, 기대효과를 극대화하고 발생 가능한 문제점을 가능한 한 감소시키도록 하는 민간부문 참여체계의 설계에 달려있다고 할 것이다.

민간부문의 참여는 공공부문과 민간부문간의 지속적인 파트너십을 의미하는 과정이다. 따라서 민간부문 참여를 성공적으로 유도하기 위해서는 법·제도 및 규제체계 확립과 경제적·재정적 분석 등 민간부문 참여를 위한 준비에서부터, 민간사업 시행의 과정, 유인설정과 위험배분을 포함한 관리체계에 이르기까지의 전과정에 대한 견고하고 전문적인 틀의 개발이 요구된다.

궁극적으로 민간부문 참여의 추진은 이러한 민간부문 참여의 틀을 갖춰놓고 민간부문에 사업부문을 개방하는 것에 그치지 않고 정부가 정책의지를 가지고 추진력있게 추진하는 것이 필요하다.

#### ○ 국내 민간사업자의 육성

지금까지 상하수도사업은 지방자치단체가 주도적으로 수행하여 왔기 때문에 국내에 상하수도사업에 대한 경쟁력 있는 잠재적 민간사업자는 취약한 상황이다. 특히 시스템 전반

---

의 운영과 연계된 통합된 물 서비스 부문에 있어서는 상하수도사업 운영 경험이 없는 국내 업체들이 경쟁력을 갖기 어려운 실정이다.

그러나 상하수도사업에의 민간참여 기회는 국내의 관련 업체들에게도 사업분야를 개척할 좋은 기회가 될 것으로 생각된다. 국내업체들이 상하수도사업 운영경험은 없으나 상하수도관련 시설에 대한 설계·건설 경험과 유사한 사업(네트웍 산업)에서의 경험 등이 유용하게 적용될 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 국내의 많은 건설·엔지니어링, 산업개발업체들이 잠재적 수도사업자로서 대상이 될 수 있을 것으로 보인다.

국내 사업자 육성을 위해서는 무엇보다도 정부의 정책의지가 확고하고, 일관성 있는 정책을 추진하는 것이 필요하다.

한편, 잠재적 상하수도사업자로는 반드시 현재 민간부문만을 대상으로 볼 필요는 없다. 공공부문에서도 전문적 운영능력과 경험을 갖춘 사업조직은 민간참여시 개방된 경쟁에 참여하여 상하수도사업자로서 역할 할 수 있을 것이다. 상하수도사업과 관련된 사업조직으로서 현재 경험과 운영능력이 인정되는 조직은 수자원공사를 생각할 수 있다. 수자원공사는 건설교통부 산하의 공사로 공공조직이지만 전문적인 사업조직으로서 특히 수도사업 부문의 운영경험은 지방자치단체를 제외하고는 유일하다고 할 것이다. 수자원공사는 광역상수도 사업자로서 대규모 원수공급 부문에 특화하고 있기 때문에 원수에서 최종 소비자에게의 전달까지 수도시스템 전체를 포괄하지는 않으나 일부 정수와 관거관리 경험도 축적되어 있어 통합된 수도시스템(Integrated System)에 대한 잠재적 사업자로 충분히 활동할 수 있을 것으로 생각된다.<sup>22)</sup>

또한, 환경기초시설의 설치와 승인, 수탁운영을 전담하도록 설립된 환경관리공단의 자회사이었다가 민영화된 환경시설관리공사도 환경기초시설의 설치 및 운영과 관련된 기술(know-how) 및 전문인력 등을 갖추고 있어, 특히 수도사업 부문에 경험이 일천한 것은 다른 잠재적 민간사업자와 동일하나, 환경기초시설에 특화된 전문 사업조직으로서 그 잠재성이 인정된다 할 것이다.

우리나라에서 상하수도산업에 대한 민간부문 참여는 아직 그 기초를 구축하는 단계에 있다고 볼 수 있다. 그러나 세계적으로는 물산업에 있어서 공공부문과 민간부문간의 파트너쉽이 상당히 확대되고 있으며, 물 서비스는 세계적인 산업이자 성장산업이라는 데에 인

---

22) 특히, 상하수도사업체계를 광역화·전문화하여 합리적으로 정비하는 정책이 이루어지는 경우, 이는 지방상수도와 광역상수도의 통합과 기존 수도사업자인 지자체, 수자원공사의 역할이 조정됨을 의미하므로, 수자원공사의 전문 물사업자로의 전환은 바람직한 시나리오로 생각된다.

식이 높아지고 있다. 물산업에 대한 민간부문 참여의 추진은 효율적인 물서비스 공급의 도모 뿐 아니라 앞으로 경쟁력 있는 환경산업으로서 성장도 가능할 것으로 생각된다.

#### ○ 해외 자본과 운영능력 활용

현재 민영화는 세계적인 이슈이며, 민영화와 경쟁의 도래는 물사업 체계를 근본적으로 변화시키고 있다. 물사업에 있어서의 세계적 민영화는 많은 요인의 작용에 의해 이루어진 것인데, 각국의 상이한 정치제도와 수도산업 구조에도 불구하고 민영화를 하려는 이유는 유사하다. 일반적으로 민영화의 이유는 i) 시설 확장에 필요한 재원의 부족, ii) 민간부문이 공공부문보다 더 효율적이라는 믿음, iii) 공급자들 간의 경쟁을 촉진하고, 독점을 제거하는 방향으로의 산업 재편성하려는 정부의 정책방향 등으로 요약된다.

각 지역에서 상하수도 서비스 민영화 정도는 서로 다른 수준으로 나타나고 있으나, 이러한 민영화의 세계적인 추세하에 세계시장에서 활약하고 있는 민간업체들이 다수 나타나고 있다. 이러한 업체들은 통합된 물서비스 기업들, 계약 운영 기업들, 계획·엔지니어링·기술기업들, 투자기업들 및 대금업자로 분류되며, 주요 환경기초시설 프로젝트 입찰에 주로 컨소시엄을 이루어 팀으로 참여한다.

이러한 상하수도사업에 대한 민간참여의 세계적인 추세와, 세계적인 물 업체들의 성장은 상하수도사업에의 민간참여를 고려하는 우리나라 입장에서는 중요한 환경적 요인이 된다. 국내 물사업에 해외의 자본과 해외기업의 운영능력의 활용을 중요한 대안으로 고려할 수 있기 때문이다.

특히 지금까지 공공부문에서 사업을 수행해 와, 상하수도사업의 운영에 대한 국내업체들의 경험이 일천한 현실에서, 많은 민간사업 경험을 지니고 있으며, 특히 단위시설사업이 아니라 전체 시스템으로서의 상하수도사업 (통합된 물서비스 사업) 운영 기술(know-how)을 지닌 우수한 해외기업은 민간참여에 의한 효율성 편익을 제고할 수 있도록 하는 실질적인 대안이 될 수 있다. 또한, 어려운 경제환경에서 투자재원의 부족을 해결하기 위한 해외자본 유치 활성화도 연계되어 추진될 수 있다.

실제로, 국내 상하수도사업에 민간참여정책이 공포된 이후 많은 해외 기업들이 국내 상하수도사업 참여의 타당성을 검토하고 있으며, 우리의 입장에서 선택 가능한 대안으로 부각되고 있다.

국내기업이 해외기업에 경쟁성을 갖지 못하는 상황에서 상하수도사업을 해외기업에 개방하는 문제에 대해서는 일부 우려의 의견도 있으나<sup>23)</sup>, 경제적, 제도적, 사회·문화적 환

---

경이 상이한 해외 상하수도산업에 진출하는 기업들은 일반적으로 현지의 환경에 익숙한 현지기업과 결합투자(joint venture)의 형식으로 진입하는 것이 유리하며, 실제로 대부분 그러한 형태로 나타나고 있다. 또한, 국내기업과 결합투자로 추진하는 사업에 대해 평가에서 가산점을 주는 방법 등으로 이러한 사업형식을 장려하는 정책을 활용할 수도 있다. 따라서 우리 입장에서는 세계적 물기업의 노우-하우와 기술을 전수 받으면서 경험이 일천한 국내 기업을 육성할 수 있는 기회로 발전시킬 수 있는 좋은 대안으로 볼 수 있다.

물론, 해외사업자의 진입을 포함하여 민간부문을 공익성이 높은 상하수도사업에 참여하도록 하여 바람직한 성과를 얻기 위해서는 규제체계와 기구를 포함한 관리체계 (Governance Structure)를 완비하는 것이 무엇보다 중요할 것이다.

해외사업자의 진입을 고려하는 경우, 해외사업자의 진입여건이 국내사업자와 상이한 측면을 고려하고, 외자유치를 촉진하기 위한 제도적 조치들이 요구된다. 해외사업자를 국내 사업자에 비해 특별히 우대하는 것은 공정한 경쟁을 통한 효율성 제고와 국내산업의 육성이라는 정책적 측면에서 바람직하지 않으나, 외국기업의 진입에 따른 불공정한 장애를 제거하고 부족한 재원을 해외에서 유치하기 용이하도록 하는 조치들은 가용한 자원의 활용이라는 측면에서 필요하다.

해외사업자 및 해외자본의 국내 상하수도사업 진입에 있어 중요한 장애는 국내의 법·제도와 규제환경, 시장상황에 대한 정보의 부족이라 할 것이다. 따라서 이를 위한 체계적인 지원이 요구된다. 사회간접자본시설에 대한 민간투자를 지원하기 위한 민간투자지원센터가 이러한 역할을 할 수 있을 것이나, 환경시설의 특성을 고려한 보다 세분·특화된 전문적 서비스가 요구된다. 이러한 업무를 지원해 주고 해외기업과 국내기업의 결합투자(joint venture)가 이루어지도록 안내하는 국내 컨설팅 활동의 활성화도 필요하다고 생각된다.

-

우리나라 상하수도산업은 지방자치단체 중심으로 운영되어 온 산업으로, 상하수도사업 운영의 구조적인 문제점과 공공부문 운영에 있어서의 비효율적인 요소로 인해 적정 운영에 어려움을 겪고 있으며, 공공운영에 따른 산업정책의 부재로 경쟁력 있는 산업으로 육성되지 못하고 있는 문제점이 있다.

---

23) 국내 상하수도사업에 해외기업이 참여하는 문제에 대해서는 국민생활과 산업활동에 필수적인 서비스를 해외기업에 일임하게 되는 경우 문제가 발생할 수 있다는 인식이 일부 존재하기도 한다.

상하수도산업은 세계적인 산업이자 성장산업으로서, 상하수도산업의 육성은 효율적인 상하수도 서비스 공급의 도모 뿐 아니라 앞으로 경쟁력 있는 환경산업으로서 성장도 가능할 것으로 예측된다. 더욱이 상하수도사업에의 민간부문 참여 정책은 상하수도산업의 구조적 정비가 수반되어야 하며, 국내 상하수도산업의 육성이 이루어질 수 있는 좋은 기회가 될 수 있을 것이다.

그러나 공공 운영되어온 우리나라 상하수도산업은 산업현황에 대한 파악도 제대로 이루어지지 못하고 있어, 잠재적 사업자, 사업영역, 경쟁상태 등 산업에 대한 기초적인 고찰도 미비한 실정이며, 상하수도산업에 대한 정책은 공공사업에 대한 정책으로만 존재하여, 산업을 효율화하고 부가가치를 제고하고자 하는 산업정책은 매우 미비한 실정이다.

상하수도사업에 대한 구조적 개편의 필요성과 더불어 상하수도산업을 경쟁력 있는 산업으로 육성하기 위한 산업정책의 정비는 시급하고도 중요한 과제이다.

더욱이 상하수도산업에 대한 민간부문 참여정책이 추진되고, 경쟁력 있는 세계적 물기업을 포함한 경쟁체제로의 돌입은 우리나라 상하수도산업에 대한 육성정책을 더욱 중요하게 한다.

따라서 효율적인 상하수도서비스 공급뿐 아니라 경쟁력 있는 상하수도산업의 육성을 위한 과제로 우선, 상하수도산업에 대한 산업현황의 파악과 과제도출, 그리고 환경기초시설 서비스 부문을 공부문이 제공하는 공공서비스의 관점에 국한되어서가 아니라 필요한 서비스를 제공함으로써 부가가치를 창출하는 ‘산업’으로서 수자원의 이용 및 관리, 폐기물 관리체계와 연계하여 합리적인 공급시스템을 갖추도록 함과 더불어, 서비스의 효율적 공급을 도모하기 위한 적정 산업정책의 정비가 필요하다 하겠다.

이를 위해서는 우선, 우리나라 상하수도산업의 현황에 대한 파악이 선행되어야 하며, 이에 따라 상하수도산업의 효율적이고 합리적인 운영 및 경쟁력 있는 산업으로의 육성을 도모하기 위한 산업정책의 정비가 이루어져야 할 것이다.

산업정책의 정비에는, 상하수도산업의 구조적 조정에 따른 관리구조 개편방안, 경쟁력 있는 상하수도산업의 육성을 위한 규제, 경쟁촉진방안 등이 정립되어야 할 것이며, 상하수도사업에의 민영화 도입과 함께 상하수도산업의 대외적인 여건과 우리나라 상하수도산업의 현황을 고려한 시장정책도 포함되어야 할 것이다.

민간부문 참여를 활성화하기 위해서는 필요한 제도적 개선의 주요사항을 논의해 보면 다음과 같다.



민간투자사업의 수익성을 어느정도 보장해 줄 수 있는 유인의 제공이 필요하다. 현행 공공사업 투자수익률은 10% 정도이나, 민간사업은 채원조달 방법에 있어 공공부문 조달보다 높은 이자율이 적용되고, 수도사업과 같은 환경기초시설사업은 막대한 초기투자 및 긴 계약기간에 의한 위험이 다른 사업에 비해 높은 편이므로, 우리나라 시중 금리수준이나 다른 사업에서의 예상 이익율을 감안하면 투자보수율이 18~20%정도는 되어야 기업에게 참여유인을 제공할 수 있을 것으로 보인다.

부대사업 등을 통해 수익성을 충족시키는 방법도 있으나, 앞에서 논의한 바와 같이 수도사업에 적합한 부대사업은 희소하며, 해당시설과 연관되지 않는 여타 부대사업은 여러 가지 문제를 수반할 수 있으므로 가능한 한 시설사업 자체 수익성으로써 참여유인을 가질 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다.

민간부문 참여를 활성화시키기 위한 재정 및 조세지원은 그간 상당한 보강이 이루어져 왔다. 특히, 사회간접자본시설에 대한 민간투자법으로의 개정과 함께 SOC 투융자회사(인프라 펀드)를 설립할 수 있도록 한 것은 대규모 인프라 사업에 대한 투자채원 조달방법으로서 프로젝트 파이낸싱(Project Financing) 방법이 활성화될 수 있도록 함으로써 민간투자사업 채원조달을 용이하게 할 뿐 아니라 신뢰성 제고로 자본참여를 보다 촉진하는 역할을 할 것으로 생각된다.<sup>24)</sup>

인프라 펀드는 민간 상업적 기초에서 관리·운영되는 Mutual Fund로서 인프라 사업에 대한 출자, 용자, 채권매입 등의 역할을 수행하게 된다.<sup>25)</sup>

수도사업에의 민간부문 참여와 관련하여 부각되는 논점중의 하나가 법인세 문제이다. 지금까지 수도사업은 지방자치단체가 수행해 왔으며, 그 형태는 지자체 행정조직에서 직접 수행하거나 지방공기업('97년 현재 상수도 90개, 하수도 20개 공기업) 형태인데, 지방공기업 형태로 수행되는 경우는 행정조직에서 직접 수행할 경우와는 달리 법인세를 납부하여야 한다. 그러나 수도사업은 만성적인 재정적자로 법인세 부과의 과세표준인 이윤근거가 없는 실정이므로 공기업형태나 행정조직 수행형태나 이러한 측면에서는 큰 차이가 없

24) 프로젝트 파이낸싱 방법은 선진국에서는 1930년대에 처음 활용되기 시작해서 현재 거의 정착단계에 있는 방법이며, 아시아지역은 The Asian Infra. Fund (홍콩), Asian Infra. Development Co. (싱가폴), AIG Asian Infra. Fund (싱가폴)와 같은 각종 Fund를 설치하여 운영하고 있다.

25) 이러한 제도에 따른 Pilot 회사로서 5천억원 규모의 인프라 펀드를 '99년 설립할 예정이다.

다고 볼 수 있다. 반면에, 민간부문이 참여할 경우는 일정부분의 수익률이 보장되도록 지자체와 민간사업자의 계약이 이루어지게 되므로 민간사업자에 대한 법인세 과세근거가 발생한다. 이 때, 수도사업이 현재와 같이 손실을 보고 있는 한 그 손실부분은 지자체가 부담하여야 한다. 즉, 수도사업 전체로는 손실이 발생함에도 불구하고 국가는 해당지역 수도사업자(민간사업자)에게 법인세를 부과하게 되는 것이다.<sup>26)</sup>

이러한 구조적인 문제점으로, 민간사업자가 법인세 부담 등을 고려하여 주어진 수익률을 초과하는 수익률 보장을 주장하거나, 법인세를 시행청(지자체)에서 부담할 것을 요구하는 등이 실제로 나타날 수 있다. 또한, 지방자치단체의 입장에서도 그러한 부담을 민간부문참여의 제약요인으로 고려하게 되어 민간부문 참여의 기본취지를 왜곡시킬 가능성이 크다.

따라서 민간부문 참여를 활성화시키기 위해서는 이에 대한 조정방안이 필요할 것으로 생각된다. 대안으로서는 환경기초시설에 대한 민자유치사업자에 대해서는 법인세를 경감하는 방안이 고려될 수 있는데, 공공법인 이하로의 경감은 합리적이지 않으며, 공공법인과 일반법인의 차가 크지 않으므로 효과적인 방법이 될 수 없을 것으로 생각된다. 이러한 문제는 수도사업이 전체적으로 적자일 경우에 발생하는 것이므로 수도사업에 대한 재정이 개선될 때까지의 단기적인 조치로서, 수도사업 전체의 재정상태를 근거로 과세표준을 설정하는 방법을 고려해 볼 수 있을 것으로 생각된다. 이 경우 민간사업자는 실제로 법인세의 부담을 고려하지 않아도 되게 되므로 이를 고려한 수익률 설정이 이루어져야 할 것이다.

민간부문의 참여에 있어 중요한 장애요인이 되고 있는 경영위험을 감소시키기 위한 조치를 강구하여야 할 것이다. 한 방안으로 사업자가 선정된 민자유치사업은 독립된 주식회사 형태의 법인에 의해 운영되도록 하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 이 경우 사업실패에 대해 사업자가 유한책임만을 부담하게 되어 위험부담을 감소시킬 수 있으며, 또한 사전적인 재원조달도 보다 용이해질 수 있다.

또한, 금리 및 환율변동에 따른 위험에 대해서도 환율보험제 등 보완방안이 강구되어야 할 것이다.<sup>27)</sup>

26) 물론 수도사업이 흑자사업일 경우에는 이러한 문제는 없어진다. 이 경우, 일반적으로는 공공법인과 일반법인에 대한 법인세율 적용의 차이만이 상이한 점으로 나타나게 되며, 그 차이는 과세표준이 1억원을 초과할 경우에 대해 3%정도를 일반법인이 더 부담하는 정도이다 (공공법인 25/100, 일반법인 28/100). 그러나 사회간접자본시설 확충을 촉진하기 위한 대책(96. 7.)의 일환으로 법인세율을 정부투자기관수준(25%)으로 인하·적용하고 있으므로 실제로는 그 차이가 없다.

---

이러한 필요와 관련해, 정부는 민간참여의 활성화를 촉진하기 위한 조치들을 마련하고 있다. 1998. 11. 발표한 ‘환경산업 수출진흥과 외자유치 대책안’에서 소규모로 난립한 국내 환경업체들의 통폐합을 통한 대형화를 추진하고 폐기물은 물론 상·하수도 관련시설까지 외국인 투자를 적극 개방할 것임을 밝히기도 했다. 또한, 환경부는 ’99. 1. 전국 356개 하수·폐기물 처리장 운영권을 민간에 넘기는 것 등을 골자로 한 환경기초시설 민영화 방안을 마련하고 민간기업의 참여를 유도하기 위해 환경시설 민영화 투자수익률을 국제수준인 18~20% 선까지 보장하는 방안과, 현재 SOC 민자유치촉진법에 의해 가능한 BTO 방식에서 탈피해 BOT방식으로 전환도 검토할 것을 밝히는 등 민간참여 활성화를 적극 추진하고 있다.

---

27) 사회간접자본시설에 대한 민간투자사업 계획 (기획예산처, 1999)에 이러한 환위험에 대한 분담이 가능하도록, 20% 이상의 환율변동으로 인하여 사업시행자의 건설자금용(운영자금 제외) 외화차입금에 대한 환차손 또는 환차익이 발생한 경우 사용료 등을 조정하거나 국가 또는 지방자치단체의 재정지원 또는 환차익의 환수 가능성을 제시하고 있다.

&lt; &gt;

민간참여의 범위와 형태에 따라 필요한 관리체계의 구조는 상이하게 나타난다. 적용가능한 민간참여 유형의 선택에 있어 고려해야 할 기준의 하나로서의 규제능력에 대해 앞에서 논의하였고, 각 민간참여 유형별로 요구되는 상이한 규제내용에 대해 살펴보았으나, 여기서 민간참여 유형별로 주요 논점을 요약해 보면 다음과 같다.

민영화는 민간이 자산 소유권을 보유하고 운영의 모든 업무를 수행하며, 정부는 수질·서비스 등 기본적 목표수준 달성여부의 감시감독의 역할만을 한다. 완전 민영화가 이루어지는 경우라 하더라도 제품 및 서비스의 특성상 (공익재화적 특성을 지닌 필수재), 그리고 생산의 특성상 (지역독점적 성격) 정부부문에 의한 시장간섭이 필요하다.

전형적인 민영화의 형태인 영국의 경우에도 사업에 대한 허가권 심사의 형태로 사업자의 시장진입 및 시장구조에 간섭을 하며, RPI-X 형태의 이윤규제, 기타 품질 및 기준달성 등의 간섭이 있다.

양여권의 경우는 시설의 운영 및 경영의 권한을 일정기간 양여하는 형태로 양여기간 동안 민간사업자의 기능은 민영화의 경우와 동일하다. 양여권자 선정 체계를 통해 사업자 시장진입 및 시장구조에 간섭할 수 있으며, 필요한 규제를 양여의 조건을 통해 일부 수행한다. 따라서 양여권의 계약내용은 매우 복잡해진다.

민영화와 양여권체계의 경우 필요한 규제구조는 다음과 같다.

시장구조	생산특성 - 지역독점	진입·퇴출 통제	허가권, 양여권의 부여
독점규제	생산특성 - 지역독점 제품·서비스 특성 - 공익재화/필수재	이윤규제	가격통제 수익률 규제
품질통제	제품·서비스 특성 - 공익재화/필수재	품질 및 기준달성 감시	허가·양여 조건 주기적 감시

양여권의 설정은 양여권자에게 25~30년간 상당한 독점력을 부여하는 장기적 관계이므로 정부에게 상당한 규제적 책임이 있다. 양여권 설정을 준비하는 데 있어 다음 사항에 대한 의사결정이 이루어져야 한다.

- 양여권자에게 경쟁적 압력을 도입하고 촉진하기 위해 얼마만큼의 시장 구조조정이 이루어지도록 할 것인지
- 정부가 해당부문에서 어떤 나머지 규제기능을 수행해야만 할 것인지
- 어떤 유형의 기관이 그러한 기능을 수행할 것인지 - 이는 어떻게 그러한 기관의 독립성을 보장할 것인지, 어떠한 기법이 요구되는지와 같은 문제들에 대해서도 의사결정을 필요로 하는 선택이다.
- 어떠한 규제적 규칙이 적용될 것인지 (특히 요금의 조정에 대해)
- 규제적 재량권의 특성과 한계는 어떠한 것인지
- 규제행위에 대해 어떻게 재원조달될 것인지
- 보건·환경적 규제, 수자원 관리와 같은 상·하수에 대한 다양한 규제적 기능이 어떻게 통합될 것인지

양여권 계약은 어디에 규제적 책임이 있는지와 규제적 재량의 한계에 대해 명확하게 할 필요가 있으며, 규제적 요구와 양여권자의 재정적 실행능력간의 잠재적 상충문제를 다루기 위한 중재과정을 포함할 필요가 있다.

양여권은 양여권자에 의한 장기적 투자를 요하므로 유인관리의 측면에서 규제는 다음 사항을 확실히 하도록 설계되어야 한다.

- 양여권자는 서비스 개선 목표를 달성하기 위해 수행해야하는 투자에 대해 합리적인 수익률을 얻어야 한다.
- 긴 양여기간을 통해 효율성에 대한 유인이 유지되어야 한다.
- 양여권자가 양여기간을 통해 적정한 투자를 수행하도록 하는 유인을 가져야 한다.

## BOT

BOT 계약에서 기업이나 컨소시엄은 새로운 설비나 시스템을 건설·소유·운영하며 합의된 기간 후에는 설비의 소유권을 공공 기관에 이전한다. BOT는 상·하수도 설비와 같은 대규모 자본이 요구되는 새로운 설비에 대해 사용되므로, BOT 계약은 다음이 만족되어야 한다.

- 건설과 그 품질이 의도된 목적에 부합되어야 하며 사용자의 지불능력에 부합되어야 한다. 이는 현실적인 계약에 대한 상세한 설정과 입찰과정을 통해 가장 잘 이루어진다.
- 비용초과와 예측되지 않은 비용(시위, 노조문제, 정부의 계약사항 변경 등)에 대한 책임을 할당하는 메카니즘을 포함해야 한다. 또한 비용할당에 대한 분쟁에 대해 조

정할 수 있는 체계가 있어야 한다.

- 운영기간이 투자된 자본에 대한 적합한 보상을 가져오도록 확실히 하여야 한다. 이는 공공부문이 원수와 처리에 대해 지불하는 가격이 계약 기대치에 미치지 못하는 경우의 문제를 해결하기 위한 조치를 필요로 한다.

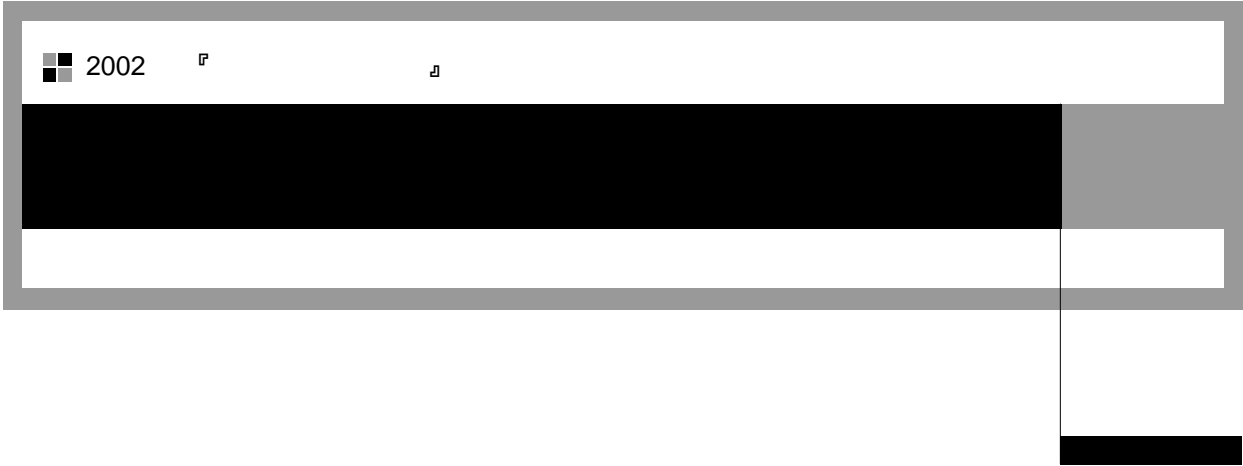
BOT/BTO의 경우 필요한 규제구조를 요약하면 다음과 같다.

독점규제	제품·서비스 특성 - 공익재화/필수재	이윤규제	지불 scheme
품질통제	제품·서비스 특성 - 공익재화/필수재	품질 및 기준달성 감시 (monitoring)	계약조건 감시

관리계약의 경우는 이러한 산업차원의 규제필요성은 적다. 용역계약에 대한 품질관리와 효율적이고 형평성 있는 지불체계 등만이 고려대상이 된다. 따라서 계약체계 설정이 매우 중요한 역할을 하게 된다.

관리계약의 경우는 전체사업에 있어서의 의사결정에 민간부문이 참여하는 범위가 작아 민간부문의 효율성을 통한 편익획득의 범위도 그만큼 작아지게 되는 반면에, 환경기초시설 운영의 사회적 목적에 적합한 결과를 유도하기 위한 규제의 범위와 도구도 그만큼 감소하게 되는 것이다.

실제로, 관리계약의 경우는 민간사업자에 대한 지불방법을 통해 민간사업자에 위탁된 업무를 효율적으로 운영하도록 유인구조를 갖추도록 하는 방법이 사업자 통제의 도구로 주로 사용된다. 문제는 이러한 지불방법이 적용되기 위해서는 서비스 생산에 대한 보다 세분화되고 정밀한 정보를 필요로 한다는 것이다. 민간사업자 참여가 증가함에 따라 (비교 가능한) 관련 자료가 축적되고 표준화된 지불가격 설정방법의 구축이 이루어지게 되면 보다 용이하게 적용될 수 있을 것이다.



1

..... 403



( )

. / 405

. / 406

. / 435

. / 436





---

( )

1.

물관리정보화과제가 60개의 물관련 주요 실천과제 중에 중요한 의미를 지니는 이유는 정책결정의 방향을 가늠하는 기초자료의 생산결과를 담을 틀을 제공함과 동시에 생산된 자료의 구축과정에서 초기에 전략과 방침을 바로 세움으로써 정보화의 비용적 효과를 도모할 수 있기 때문이다. 즉 과학적인 분석에 의한 물관리 기초자료의 생산 및 관리 미흡으로 물관리정보의 안정성과 신뢰성을 확보할 필요가 있다.

물관리 정보의 범위설정, 코드화, 생산체계 및 시스템 관리·운영체계의 표준화 미흡으로 부처간 공동활용이 미흡한 상황에서 현실적으로 구현 가능한 표준화의 수준을 정비할 필요가 있다. 기초자료를 이용한 물수지분석, 수질예측모델링 등 분석시스템과 의사결정 지원시스템 개발도에서 구체적으로 구현될 기능을 설정하고자 할 때 유의할 사항을 검토하는 것이 본 연구보고서의 첫 번째 목적이다.

두 번째로, 특히 정보시스템이라고 할 때 대부분의 개발 주체가 용역의 형태로 정부기관이 아닌 전문 소프트웨어 개발업체 및 물환경정보화와 관련된 엔지니어링업체가 되다보니 제도적 변화 가능성 및 업무와 직접적인 관계성을 고려하기에 한계가 있다. 효과적인 업무 시스템의 개발을 위한 소프트웨어 방법론 등을 고려하여 정보화 결과물인 시스템을 사용할 담당자의 의견이 시스템에 반영되도록 해야하는데 각각의 시스템 개발 요구사항분석과정에서 물관련 각 기관의 목표와 국가적 차원의 물관리 종합대책 차원의 목표가 공히 반영되는 시스템이 되어야만 한다.

따라서 각 기관의 정보화 과정의 목표와 진행 평가과정에서 진도관리를 넘어서 총리실 수질개선기획단 차원의 표준화 및 기본지리정보의 상호공유 등의 원칙이 지켜도록 개선방

안을 제시하는 것이 본고의 목적이다.

## 2.

본 연구방법으로는 첫째로, 실제적으로 구축중이거나 기 구축된 시스템을 직접 작동하거나 운영하는 것을 관찰하는 직접적 방법과 정보시스템구축과정 중에 산출물로 도출된 자료를 검토하는 방법을 사용하여 기존 물관리정보시스템의 실태 및 문제점을 검토한다.

둘째로 해외의 물관리 정보시스템 구축과정에서 지자체와 하천을 공유하는 여러 지자체의 협의회 및 수계관리위원회의 정보공유의 사례를 살펴보고 시사점을 찾고 각기 구체적으로 수행하는 과정에서의 문제점과 극복사례를 보고하는 방법을 채택하였다. 특히 미국의 환경청, 미지질조사국, 수량 및 댐을 관리하는 미 공병단의 공동 연구개발 및 정보화 구축 사례 중 하나인 메릴랜드 체사 피크만 유입하천에 대한 유역관리 사례를 소개하고자 한다.

셋째로, 물관리 정보화에 있어 근간이 되는 자료는 수질 및 수량에 대한 원시자료의 획득과정과 이를 구축하는 과정에서 자세한 지도자료가 전산화와 병행하여 구축되는 지리정보시스템구축과정과 분리하여 진행될 수 없다. 따라서 국가 차원에서 각 부처에서 수행되고 있는 지리정보시스템과 특히 건설교통부 국가지리정보시스템 2차 사업에서 생산될 자료와의 상호관계를 검토함으로써 물관리 정보화의 기본자료를 확보할 수 있는 방안을 검토한다. 자료의 생산과 활용의 측면에서 물관리정보화의 산출물을 거꾸로 국가기본 자료로 활용할 수 있도록 피드백되는 체계를 만들도록 하는 전략 및 방안을 제시하고자 한다.

.

## 1.

### 1)

#### (1)

사업목표는 수도가 국민생활 및 국가경제 전반에 미치는 영향이 커지고, 수도공급의 안정성에 대한 욕구가 증대됨에 따라 정부에서 추진중인 국가지리정보체계(NGIS)<sup>1)</sup>기본계획

1) NGIS (국가지리정보시스템): 전 국토공간의 지상과 지하에 관련된 공간정보를 디지털화하여 수치지도로 작성하고, 재해관리, 국토공간관리, 대민서비스 등 국가정책 및 행정, 공공분야에서 효율적으로 활용하도록 하기 위해 국가주도로 수행된 정보사업일체를 의미함

과 연계하여 한국수자원공사에서 건설·관리중인 전국의 광역 및 공업용 수도시설에 대하여 지리정보(GIS)와 각종 관리정보(MIS)<sup>2)</sup>가 통합된 『GIS를 이용한 수도종합관리시스템』을 구축하여 수도시설의 효율적이고 과학적인 운영관리를 도모하고 각종 지하시설물의 자연적 또는 인위적 파손에 의한 재해에 능동적으로 대처할 수 있는 정보 시스템을 구축하는 것이다.

## (2)

사업목표로는 하천관련 공간 및 속성정보 데이터베이스의 공동활용을 위한 표준화 방안을 마련하고, 국가하천에 대한 하천대장 및 하천부도를 전산화, CALS<sup>3)</sup>의 민원정보처리시스템과 연계하여 하천정보의 대국민 편의를 제공하는 것, 마지막으로 홍수정보 제공을 위한 홍수지도 제작하는 것이다.

1998년부터 시작된 하천지리정보시스템 구축사업과 2000년부터 시작된 홍수지도 제작 추진사업은 초기에 표준화 및 제작지침개발, 기본 조사를 학계에 용역을 주어 수행하게 한 후에 프로토타입 개발, 입력 데이터베이스구축 과정을 거쳐 하천권역을 시범적용하고 확대하는 형태로 사업이 진행되어 왔다.

## (3)

개별사업내용 구체화, 기반기술 발달수준을 고려한 추진일정, 유사시스템과의 연계방안 등을 포함한 상하수도 정보화 중장기 기본계획안 수립 및 업무처리지침을 작성하여 시달된 상태이다.

## (4)

3개 시범사업 정수장의 수돗물 수질을 실시간<sup>4)</sup>으로 감시하고, 측정 결과를 데이터베이스

---

2) 경영정보시스템 (MIS: management information system)의 정의: 조직의 계획, 운영 및 통제를 위한 정보를 수집·저장·검색·처리하여 적절한 시기에 적절한 형태로 구성원에게 제공해 줌으로써 조직의 목표를 보다 효율적 및 효과적으로 달성할 수 있도록 조직화된 통합적 인간-기계 시스템

3) CALS: 과거에는 군의 무기체계를 지원하는 개념에서 출발하였으므로 일반적으로 “무기체계의 설계, 제작 및 군수유통체계 지원을 위해 디지털 기술의 통합과 정보 공유를 통한 신속한 자료처리 환경구축으로 정의할 수 있다. (약어: Computer Aided Logistic Support, Computer-aided Acquisition and Logistic Support, Continuous Acquisition and Lifecycle Support, Commerce At Light Speed )

4) 실시간 (real-time)의 개념에 대한 이해: 전산적인 차원에서 실시간의 의미와 행정적 차원의 실시간의 의미의 차이로 많은 오해가 있어왔다. 전산적인 의미에서 실시간 처리란 주어진 시간 안에 처리의 결과를 전달하는 과정이다. 데이터를 처리 하는 프로그램은 시스템의 실행 시간 내내 데이터가 존재하며 시간이라는 개념 없이 처리를 요구한다. 그러나 실시간 시스템은 데이터의 처리 과정에서 시간적인 제약을 두는 것이다. 예를 들면 은행에서 송금을 하였을 때 받는 사람이 바로 출금을 할 수 있는 단계가 아닌 최소한의 시간 범위만 만족한다면 실시간처리라고 말할 수 있다. 실시간은 생방송 또는 현재 상태 그대로

스화함으로써 정수장 운영현황 분석 및 신뢰성 제고를 위한 기초를 마련하고자 하였다. 정수장의 수질관리시스템은 1998년 상수도정보관리시스템 (WIIS)<sup>5)</sup>에 의해 시작이 되었으나 이는 매일 수기로 웹 사이트를 통해 정보를 입력하도록 된 시스템이며, 수돗물 수질 감시 시스템의 경우에는 센서의 자료가 바로 입력이 되는 것을 목표로 하고 있다.

#### (5)

농촌용수구역(전국 464개소)에 대한 자원기초조사자료와 응용프로그램 개발을 통한 각종 분석자료를 데이터베이스로 구축하여 Web사이트를 통해 관련부처(건교부, 환경부 등) 및 국민에게 제공하는 시스템을 개발하고 있으며, 이는 단지 용수관리시스템에 그치는 것이 아니라 농촌용수의 수요·공급에 관한 계획을 할 수 있는 시스템으로 농림부 자체의 생산기반 확충사업 등의 상위목표에 기여할 수 있는 시스템으로 개발하고 있다.

#### (6)

용수수급상황과 가뭄발생을 일선기관 (시·군 및 농업기반공사 지사)에서 실시간으로 분석·예측할 수 있는 가뭄예측프로그램 개발과 기상변동에 따른 용수구역 모의조작을 통한 용수수급상황 예측프로그램 개발, 농촌용수구역별 대표 저수지에 대한 실시간 저수지 모니터링을 통한 저수율 집계와 가뭄평가를 합리적으로 할 수 있는 시스템 개발을 목표로 하고 있다. 실시간이라고 할 경우에 전산적 의미에서는 바로 당장 숫자로 입력되거나 처리되는 시스템을 의미하는 것이 아니므로 수위감시시스템의 경우에는 실시간 관측과 정보전송이 가능하나 그 외의 지역적 가뭄 및 광역적 특성에 대한 파악은 실시간으로 하는 것이 어렵다. 용어의 조정이 있을 것으로 생각되며 정보화계획수립에 의해 정보화 목표 및 구축 시스템 내의 수위조정이 있어야 할 것으로 보인다.

#### (7)

농업용수의 특성상 상류저수지에서 공급한 물을 하류에서 반복이용이 가능하므로 이에 대한 용수구역별 재이용량을 산정, 수요량에 따른 최적 공급규모를 결정하는 시스템 개발

로를 보여주는 것이라는 생각이 행정적 차원 혹은 소비심리적 차원의 요구사항이다. 물관리 정보화에서 실시간 처리에는 수량측정, 수질측정 자료의 경우에도 화학적 반응, 단면처리를 통한 계산과정, 품질 유지등의 과정을 거쳐야 하므로 어느 정도의 주어진 시간이 필요하다는 것을 반드시 고려해야 한다.

5) WIIS: water integrated information system: 환경부 수도정책과에서 수도관리시스템에 붙여진 이름으로 정수장의 수질조사 내용을 인터넷으로 중앙에 자료를 올릴 수 있도록 구축된 사업으로 인터넷 기반의 자료구축 초기사례에 해당된다.

을 목표로 한다. 농촌용수의 수요·공급을 파악하기 위해서는 실제 사용량에 대한 파악이 필요하나 지하수 및 관련 하천수 이용량에 대한 정확한 양의 산정이 어렵기 때문에 한번 구축되고 마는 시스템이 아니라 지속적으로 갱신되고 변경이 되어야 할 시스템이다.

## (8)

HGIS (HydroGeologic Infomation System)의 경우 한국지질자원연구원에 구축한 시스템으로 지형도, 지질도, 수치지형고도자료, 인공위성자료 및 수문 관련자료가 입력되어 있다. 특히 유의할 점은 지하수관련 자료 민방위공, 일반지하수공의 위치 및 우물 수량·수질자료가 포함되어 있다. 특히 각 먹는 물 생산업체의 감시정에 온라인으로 연결되어 있는 모니터링 시스템은 유량기-데이터로거<sup>6)</sup>-모뎀을 통해 한국지질자원연구원으로 자료가 수집되고 있다.

위의 시스템확장 및 정보통합기구 추진체계에 대한 계획이 실시되지 않고 있으며, 각 자체별 보유시추공에 대한 자료는 오히려 수자원공사의 지하수담당과의 시스템으로 입력되고 있고, 단지 먹는 물에 관한 온라인 데이터 확보에 본 시스템의 의의가 있다고 평가할 수 있다. 지하수관련 중요성에 대한 이해부족과 예산의 지속적 미배정으로 지하수정보통합 및 기술지원업무를 수행할 중앙관리소설치 방안에 대한 제언이 있었음에도 시스템 개발 및 유지보수만 진행될 뿐 조직적 차원의 개선은 이루어지고 있지 못하다.

## 2)

### (1)

① 담당기관 및 목표: 메릴랜드주 자연자원국<sup>7)</sup> 주관으로 관련된 지방자치 단체장 및 전문가를 중심으로 한 수계위원회로 구성되어 있다. 이는 단지 물관련 정보화만을 목표로 하는 것이 아니라 수계를 중심으로한 통합적 환경정보화 시스템을 구축하는 것을 목표로 한다.

② 방법론: 구축되는 시스템을 운영하는 조직은 자연자원국에 위치하나 자연자원국내의 지리정보생산전문팀과 연계하여 운영되고 있다. 해안관리시스템 (coastal

6) data logger: 센서의 자료를 일정간격으로 혹은 지속적으로 저장하는 계측장비로 센서, 데이터 로거, 차트레코더 등이 하나의 실측계기를 이룬다. 이동통신의 기술의 발달로 유무선형태의 자료전송이 가능해짐에 따라 하천 및 수질관리에서 센서 및 데이터로거의 활용도가 높아질 것으로 사료된다.

7) Department of Natural Resources (자연자원국) 실제로 자연자원국은 중앙의 환경청 및 지질자원연구소의 부속기관이 아닌 지방자치단체의 조직의 일부이다.

zone management)과 통합 시스템이 구성되어 있으며, 전체 체사피크만을 11개의 대수계 (watershed)로 나누어 각 수계별 보고서를 매년 작성할 수 있는 정보시스템을 구축하고 있다. 특히 메릴랜드 하천의 지류팀 (triburary team)은 별개의 조직으로 하천에 영향을 미치는 원인자별로 대표 직업군 종사자가 팀을 이루어 정보시스템의 내용을 전파하고 있다. 즉 정보시스템의 결과를 보고하고 상황을 파악하는데 그치지 않고 환경개선을 위한 행동으로 실천할 수 있는 행동지침을 만들고 있다는 특성이 있다. 특히 영양염류 감소를 위한 각 지류팀들의 전략을 정리하여 5년에 한번씩 보고하고 있으며, 각 보고서의 뒤에는 일반인과 정책수행자들이 이해하기 어려운 전문용어 및 개념을 용어정리의 형태로 첨부하고 있다.

- ③ 수집 및 구축된 자료: 상하수도 건설을 유보시키기 위한 green infra zone을 설정하기 위한 위성영상자료의 구축, 개발촉진지역의 경우에는 상하수도 건설을 위한 자금 지원 등의 혜택을 줌으로써 중장기적인 개발계획구역을 도출하는 것이 특징이다. 도로 및 도시화된 정도에 대한 자료 등이 주요 레이어<sup>8)</sup>로 자리잡고 있으며, 오염원의 분포 및 수량·수질에 관한 기본 자료는 실시간으로 갱신되고 있다.
- ④ 산출물: 다양한 형태의 보고서, 17가지의 주제도 등이 포함된다.
- ⑤ 표준화 준수정도: 10년 이상된 조직에 의해 운영되고 있고 FGDC<sup>9)</sup>가 있는 워싱턴 DC와의 근거리에 위치하여 협조가 잘되어 메타데이터에 대한 관리 및 연방정부의 표준화노력을 적극 수용·활용하고 있다.
- ⑥ GIS 수용정도 및 시스템의 패러다임 수준: GIS 수용수준은 기본 단위지도의 생산, 배포, 활용, 갱신의 생명주기에 따른 특화된 시스템이 구성이 되어 있다. 기관내의 공동 데이터 포맷은 셰이프포맷<sup>10)</sup>으로 데이터 구조가 개방된 포맷을 사용하고

8) 레이어 (layer): 지리정보시스템에서 자료를 정리하기 위한 단위로 예로서 고속도로 지방도로를 각각 하나의 레이어로 설계를 할 수도 있고, 목적에 따라서는 모두 도로라는 레이어에 다른 속성을 갖는 지형지물로 설계를 할 수 있다.

9) FGDC(Federal Geographic Data Committee)는 미 행정관리 예산국 회람 A-16(Office of Management and Budget Circular A-16: OMB A-16)에 따라 만들어져, 지리 정보에 대한 개발, 이용, 공유, 배포 등을 증진하고 있다. FGDC는 14개의 정부 기관의 대표로 구성되어 있고, 다른 연방 기관(federal agencies)은 FGDC의 소위원회(subcommittee)와 실무 집단(working group)으로 참가하고 있다. 소위원회는 데이터의 내용, 질, 전송을 위한 표준을 제정, 구현하며, 정보의 교환과 전달을 촉진시키며, 지리 데이터의 중복 생산을 줄이기 위해 지리 데이터를 조직화한다.

10) shape format: 전세계 지리정보시스템 소프트웨어 중 가장 많이 보급된 ArcView라는 소프트웨어에서 점, 선, 면의 도형정보를 일부 속성과 더불어 저장하는 데이터파일 포맷으로 그 구조와 내용이 공개가 되어 있어서 다른 기종의 소프트웨어에서도 호환이 잘되어 해외 및 우리나라에서도 교환시 사용되는 경우가 많다.

있으며 UNIX, NT 등의 다양한 형태의 OS에서 개발된 프로그램을 사용하고 있다. 메릴랜드 주민에게 홍보하기 위한 인터넷 부분과 각 카운티에 생성된 주제도를 제한적으로 제공하기 위한 인트라넷 부분은 TNT사의 MIPS<sup>11)</sup> 파일 형태로 통일하여 관리하고 있다.

## (2) 가 GIS

- ① 담당기관 및 목표: 미주리주 환경담당의 자연자원국에서 담당. 식수공급원의 위치와 잠재적 화학오염원의 위치를 밝혀내고 각 위치별로 조사를 해야할 곳과 조사를 유보할 곳을 결정하는 것을 목표로 한다.
- ② 방법론: 지침은 미환경청(EPA)에서 제공하고 주정부 자연자원국에서 검토 승인 후 결정한다. 크게 두 개의 데이터 레이어를 구축하였으며 기존에 있던 자료를 기반으로 구축하였다. 수원(water resource)에 관한 정보는 1: 24000 종이지도를 기반으로 지리정보로 구축되며 전문가 시스템의 일종으로 입력자료는 다음 기준으로 작성되었다.(미연방식수안전법)
  - 관정 상단내 1마일 내에 위치한 경우
  - 고속도로 및 철로로부터 15 미터 내에 있는 경우
  - 주의 주요 7대 작물이 차지하는 화학비료의 사용량에 기준하여 비료의 사용량이 기준치를 넘지 않은 경우
  - 관정 1마일내 토양과 지질에 관한 특별 보고서가 있는 경우
- ③ 조사된 데이터의 종류: 통합된 수질데이터는 총 알파 값, 총베타 값, 라돈, 우라늄-228, 우라늄-226, 경도, 철 및 용해된 고형물 등이다.
- ④ 산출물: 데이터를 가지고 공간분석을 통하여 지표면의 오염 가능 예상지도를 만들어 낸다.
- ⑤ 표준화 지침준수 정도: 업무의 표준화에 따른 부분은 조사지침서를 준수하는 것 이외에 모든 수자원 관련 레이어는 표준화된 체계를 따르지 않고 자체적으로 사용하고 지도의 코드부분도 주거지역 (1), 상업 및 경공업지구(2), 산업지구(3), 교통(4), 통신 및 시설관리 (5), 농업지구 (6), 공공건물지구(7), 여가 및 위락지구(8), 탐사 채굴지역 (9), 매립지 (10), 묘지 (11), 산림지역(12), 수체 (13)로 대분하고 상세분류 코드를

11) 미국 TNT사의 벡터 데이터와 래스터 데이터 등 각종 공간 데이터를 생성, 가공, 편집하는 제품으로부터 개발자용 라이브러리 엔진 제품에서 사용하는 데이터 포맷

세 자리로 잡는 등 지방정부의 특성을 최대한 반영한 분류체계를 유지하고 있다.

- ⑥ GIS 수용정도 및 시스템의 패러다임 수준: 인터넷 부분보다는 데스크탑GIS<sup>12)</sup> 형태의 의사결정지원시스템으로 구축되었다. 자료의 분석적 기능에 강조를 두고 있는 데스크탑 GIS의 특성을 보이고 있다.

### (3)

- ① 담당기관 및 목표: 카운티의 자연보전과에서 담당하고 있다. 와이어 카운티의 환경 모니터링을 총괄하여 수행하여 배수구역 중심의 통합적 환경관리를 위한 자료 구축과 불법 오염물질 방류를 적발하기 위한 의사결정시스템을 구축하는 것을 목표로 한다.
- ② 방법론: 와이언 카운티를 여러 개의 배수구역으로 구분한 후 GPS<sup>13)</sup> network을 구축하고 관련된 지도를 지리정보시스템으로 구축하고 PDF 파일로 저장하여 웹사이트를 통해 주민에게 홍보한다.
- ③ 조사된 데이터의 종류: 유량, 서식처, 호소 및 하천의 기저생물조사 (benthos), 어류조사, 조류조사, 합류식 하수처리, 수질조사, 퇴적물 조사, 유해물질조사, 비점오염원조사, 미적인 경관 상태조사가 포함된다.
- ④ 산출물: 수치지도, 조사항목 및 내용에 관한 대국민 서비스 프로그램이 주요 산출물이다.
- ⑤ 표준화 지침준수 정도: 배수구역의 정의 자체가 루즈강을 중심으로 이루어져 있으며 수질측정지점의 코드명을 보면 미국환경청에서 조사하는 지점을 G로 표시한 후 두 자리의 일련번호를 사용하고 나머지는 지류의 첫 번째 글자를 따라 알파벳으로 표시한 후 분류로 갈수록 숫자가 증대하는 체계로 코드관리를 하고 있다.
- ⑥ GIS 수용정도 및 시스템의 패러다임 수준: 내부적으로는 다양한 형태의 GIS구축을 통한 정보화를 시도하고 있으나 대부분 주변 학교에 의존적으로 진행이 되고 있으며 대국민 서비스의 경우에는 web GIS<sup>14)</sup> 등의 형태를 띠기보다는 일반문서

12) 데스크탑 GIS: 전문가의 GIS의 성능에는 미치지 못하지만 최근 성능면에서 급속히 발전하는 개인용컴퓨터 상에서 사용자들이 손쉽게 지리정보의 매핑과 공간분석을 수행할 수 있는 소프트웨어를 말한다

13) GPS (Global Positioning System): 위치 정보는 GPS수신기로 3개 이상의 위성으로부터 정확한 시간과 거리를 측정하여 3개의 각각 다른 거리를 삼각 방법에 의하여 현 위치를 정확히 한다. GIS 시스템 구축에 입력자료로 주로 활용되며 환경처리시설물, 주요하천 시설물, 특정 점오염원의 위치를 조사할 때 사용된다.

14) 웹 GIS 또는 인터넷 GIS: 인터넷과 월드와이드웹의 이용의 증가로 인하여 운영체제의 제약 없이 어떤 컴퓨터에나 전달되어져 각 컴퓨터에서 실행할 수 있는 GIS가 1990년대에 시작되었다. GIS의 내용물인 지형지물 및 속성데이터들은 운영체제의 제약 없이 어떤 컴퓨터에나 전달되어져 각 컴퓨터에서 실행되



제공의 기법을 활용하고 있다. 방법보다는 담겨진 내용이 중요하므로 나름대로  
강점이 있는 정보공유방식을 견지하고 있다.

(4) (ADELAIDE COASTAL WATERS  
STUDY )

- ① 담당기관과 목표: 남호주주 토렌스 강, 로프티산 배수구역 내 하천 및 해양수질관  
리기관 연합, 목표는 해안선 20 km 이내의 포장된 도심지에서 유출된 오염된 하  
천수의 영향을 검토하는 연구프로젝트로서 강우시 도심지로부터의 하천 및 해양  
오염 평가를 목적으로 수량모델, 원격탐사, 해조 등의 생물학적 영향 등을 고려한  
통합시스템 구축하는 것을 목표로 하고 있다.
- ② 방법론: 조사항목의 일체를 PDF 파일로 저장하여 웹으로 서비스한다.
- ③ 조사된 데이터의 종류: 유량, 서식처, 호소 및 하천의 기저생물조사 (benthos), 어류  
조사, 조류조사, 합류식 하수처리, 수질조사, 강우시 지속적인 수질 및 수문 변화  
그래프 도출한다.
- ④ 산출물: 수치지도, 조사항목 및 내용에 관한 대국민 서비스 프로그램이 포함된다.
- ⑤ 표준화 지침준수 정도: 지방자치단체에서 정한대로 코드를 따랐으며 업무적 측면  
에서 활용도를 향상시키고자 노력한 반면 국가전체의 코드 준수에 대한 사항 및  
자료 공유를 위한 고려는 수행되지 않는다.
- ⑥ GIS 수용정도 및 시스템의 패러다임 수준: GIS 수용정도는 UNIX, NT 등의 다양한  
OS환경에서 구동되도록 되어 있고 조사된 데이터의 품질관리와 정보서비스에 초  
점이 맞추어져 있으며, 벡터데이터<sup>15)</sup>와 래스터 데이터<sup>16)</sup> 등의 통합적 운영이 가  
능한 호주 자체의 GIS 프로그램을 활용하고 있는 것이 특징이다.

어진다. 네트워크 지향 GIS 시스템은 서버에 자료가 위치하며 WWW의 이용자들은 GIS 엔진으로 접속  
하여 지역컴퓨터 즉, 클라이언트에서 필요한 프로그램과 데이터 세트를 내려받을 수 있는 시스템이다.

- 15) 벡터데이터: 구조화된 기하 기본요소의 사용에 의해 만들어지는 기하속성을 정리한 자료구조로 점,  
선, 면으로 자료가 분류된다. 중첩 및 일정간격을 두고 범위를 찾아내는 분석을 위한 자료구조이다. 예  
로 대부분의 도로 및 하천 지번도 등은 빠른 검색을 위하여 벡터구조로 저장된다.
- 16) 래스터데이터: 특정한 2차원적 구조에서 분할된 직사각형으로 한정된 2차원적 기하 원시 요소로서 그  
림이나 지도를 스캐닝한 경우 화면 전체가 직사각형의 화소단위로 값을 갖는 자료구조이다. 항공사진  
및 위성사진 등이 대표적인 래스터데이터이다. 벡터데이터를 부분적으로 래스터화 시키거나 래스터데  
이터를 벡터화하는 등 필요시 데이터변환을 하게 되는데 원데이터의 목적성을 상실하지 않도록 변환  
시에는 유의를 해야한다.

#### ❖ 위치선정방법

- 수질측정지점의 선정은 공간적으로 수질측정값이 모집단으로부터 하천수 전체의 수질을 신뢰구간 내에서 얼마나 잘 반영하였는지 판단하는 기본적 문제가 된다. 따라서, 그 수역의 수질을 대표하는 환경기준점 또는 이에 준하는 지점을 선정하여야 한다. 또한 수역의 중요지점이나 대표적 지점을 선택하여야 하며, 타 설치지점 및 수질오염원의 장래입지 가능성을 고려하여 위치를 선정한다. 수역의 오염상태나 사회구조변화에 따른 산업계 발생원과 생활하수계 발생원을 고려한다. 측정기기 데이터의 신뢰성을 유지 할 수 있으며, 시료채취장치 및 수질자동측정장치 등 기기의 보수관리작업이 용이한 장소를 선택한다.
- 측정망의 목적에 따라서 장기경향을 조사하기 위한 측정망, 수질환경기준의 위반을 탐지하기 위한 측정망, 특정목적에 위한 측정망, 생태계 유지 등 하류 수계의 수질관리를 위한 측정망으로 분류할 수 있다.

#### ❖ 측정지점 선정기준 설정을 위한 기본원칙은 아래와 같다.

- 양호한 수질상태의 유지를 위하여 보존이 요구되는 지역(상수원보호구역, 취수장 상류 등)
- 과거 수질사고가 빈번하게 발생했던 지역
- 영세공장들이 밀집해 있는 지역으로 생태계에 치명적인 영향을 줄 수 있는 독성 오염물질이 공정에 사용되고 있는 경우
- 분류에 큰 영향을 미칠 수 있는 지천이 유입되는 곳의 합류점 이후 완전혼합이 이루어지는 지점
- 하천수의 성상, 계절에 따른 강우량, 유량, 유속의 시간적 변동을 고려하여 채수지점별 물의 성질을 대표할 수 있는 지점
- 대규모 배출시설이 입지하고 있어 오염 및 돌발사고가 예상되는 지점
- 유역내 전체 수계의 수질에 중요한 영향을 미치는 지점

#### ❖ 측정소 설치 우선순위 결정방법 설정

- 상수원 상류에 위치한 고정오염원의 입지현황
- 유동 오염물질의 빈도와 강도
- 상수원수 취수량 및 급수인구
- 수질오염사고의 빈도

- 수질취약 정도
- 수질오염사고 대비
- 관리대상하천의 대표성

#### (5)

여러 주를 거쳐 관리되는 하천의 경우에는 통합된 수계관리위원회를 두어 세부적인 자료 공유사항을 정하여 공통DB로 구축하게 되며 이 경우에는 자료의 일관된 체계를 위하여 코드의 표준화를 추진하고 있다. 주 자체의 필요성에 의한 카운티별 물관리체계의 경우에는 연방정부 수준의 표준준수 보다는 카운티 자체의 업무적 차원의 지리정보의 효율성을 고려한 단순화된 (그 지역사람만이 파악할 수 있는 생략된 압축코드) 코드자료를 사용하며 속성에 관한 분류체계에 대해서도 환경청의 관리지침을 참조하면서 주 자체의 기준을 설정하고자 한다. 미환경청의 경우에 주별 통계를 위한 자료요청을 하여 미국 전체 자료 및 현황집을 만들고자 하나 협조되는 주(州)는 전체의 30~40 %에 불과하다.

#### ① 표준화 추진을 위한 전략

- 자료의 표준화를 위하여 수집차원의 강제적 의무화가 불가능하므로 자료의 포맷과 자료 자체에 대한 특성을 상세히 정리하여 보고하는 문서화 규정을 준수 (메타데이터<sup>17)</sup> 작성)를 강조하고 교육하고 있다.
- 미환경청 및 미 공병단, 지질조사국 자체 내의 모델개발을 통한 입력자료의 관리를 통한 표준화를 추진하고 있다. BASIN 이나 HSPF 등의 하천수질모델의 경우 입력되는 자료의 특성을 규정하게 되는데 표준화된 자료를 사용할 경우 별도의 인터페이스를 필요로 하지 않도록 하므로 많은 기관에서 표준화된 자료로 요구를 하게됨에 따라 자료의 공유가 원활하게 이루어지게 된다.

❖ 자료 공유를 위한 지리정보관리담당자의 업무가 다른 시스템관리업무와 중첩하여 과부하 상태이고 순환보직원칙을 준수하게 됨으로 장기간에 걸쳐 자료를 관리하던 knowhow가 축적되기 힘든 구조를 가지고 있으며, 자료의 구축기간이 짧고 단기간의 정책변화에 따른 정책지원시스템 중심으로 구축이 되다 보면 시간의 흐름

17) 메타데이터: 데이터에 대한 데이터, 지리정보의 경우에 작성자, 작성목적, 축척, 데이터의 원자료, 품질에 대한 내용 등 데이터세트에 대한 정보를 말한다.

에 따른 새로운 요구사항 및 분석요구가 도출하여 시스템의 생명이 단절되고 자료의 지속적 축적이 불가능해지게 된다. 따라서 시계열적 분석이 피상적인 수준(시, 도별 통계)으로만 나타나 문제지역의 목표설정 및 정책의 타당성 검토에 대한 평가근거 마련에 어려움을 겪게 된다.

- 모델의 적용을 위한 기초자료 구축업무를 가진 행정자치부, 건설교통부, 환경부, 농림부의 업무목표의 차이로 인한 범용적 자료의 생산이 어렵다.

② 총량관리를 위한 미국의 일일 최대배출허용량 적용지역의 관리목표와 대상오염원을 정리하면 다음과 같다.

다음의 표에서 본 것과 같이 총량 규제라는 대원칙을 EPA에서 각 주로 개념정의와 구현가능한 프로그램을 제공하였지만 적용목표와 적용하는 대상은 모두 동일이 되어 있거나 표준화 되어 있지 않고 다양한 형태의 기준을 택하고 있다. (2001, 한강유역통합시스템구축사업보고서)

### 1.

TMDL		
South Platte River, Colorado Denver	수질기준(용존산소)달성	NH <sub>3</sub> , BOD, DO, 중금속, 독성물질
South Fork Salmon River, Idaho	연어서식지 회복	Sediments
West Fork Creek, Colorado	수질기준(중금속, 독성물질) 달성	중금속, 독성물질
Nomini Creek, Virginia	위락, 경제적, 생태적, 인체건강, 주민의 관심 등을 고려해 설정된 수질기준 달성	질소, 인, Sediments
Albemarle/Pamlico Estuary, North Carolina and Virginia	미적 가치와 생태계 보호	질소, 인
Minnesota River, Minnesota	수질기준 달성	BOD, NH <sub>3</sub>
Sycamore Creek, Michigan	수질기준 달성	Sediments
Boulder Creek, Colorado	수질기준(수생태계 보호)	암모니아, 질소, 인
Appoquinimink River, Delaware	용존산소 저하방지	인
Tar - Pamlico Basin, North Carolina	수질기준(용존산소) 달성	질소, 인
Lake Chelan, Washington	양호한 수질의 지속적 유지	인, 박테리아
Truckee River, Nevada	수질목표(어류서식지 보호를 위한 용존산소)달성	질소, 인, 총 용존 고형물질
Patuxent River, Maryland	수질목표(용존산소) 달성	BOD
Fairlee Stream, Maryland	수질목표(용존산소) 달성	질소, 인

- 
- ③ GIS 수용정도 및 시스템의 패러다임 수준: 다양한 형태의 하부시스템으로 구성되어 있어서 일반화 되어 평가하기는 힘든 시스템이다. GIS의 활용부분은 대부분의 시스템에 반영이 되어 있으며 특히 모델관련된 부분의 경우 수질 및 수자원 전문 모델개발자들과 GIS 개발자들이 함께 수행하여 편리한 사용자인터페이스를 개발하기 위해 노력하고 있다. 일부 웹사이트에 결과를 알려주기 위해 별도의 서버를 두지 않고 미국 지질연구소(USGS)의 webatlas 팀에게 모든 자료를 제공하여 국민들이 한 곳에서 다양한 주제도를 검색할 수 있도록 중앙에서 처리하고 있다.

(6) FEMA( )

- ① 담당기관 및 목표: 미 연방정부, 국가홍수보험제도(National Flood Insurance Program)의 실시를 위한 기본자료 생성을 통해 홍수 위험지구에서 지역별로 강제적으로 시행예정이다.
- ② 방법론: 홍수기록에 관한 자료, 홍수관리규정, 홍수 흔적 기록의 지리정보화 및 관련 관련 홍수 모형 (FIRM<sup>18)</sup>, Q3<sup>19)</sup>, DFIRM<sup>20)</sup>)을 통한 지도 제작을 하고 있다. (그림 1 참조)
- ③ 입력된 데이터의 종류: 정확한 하천지도를 위하여 단면자료, 암거, 교량정보를 기타 기관에서 받아 시스템적으로 입력한다.
- ④ 산출물: 수치지도, 조사항목 및 내용에 관한 대국민 서비스 프로그램이 있다.
- ⑤ 표준화 지침준수 정도: 입력자료로 미국 지질조사국의 관측지점 자료, 국가 하천 목록자료, 연방기상서비스 자료 국가 지리정보서비스의 자료, 연방재난관리국의 제방관련 자료를 사용하고 있다. 별도의 자료 변환 없이 지도제작과정에서 프로그램으로 자료가 자동입력되거나 미리 규정된 값(default value)을 적용해줄 수 있도록 구성되어 있다.

(7)

- ① 담당기관 및 목표: 환경성에 소속된 국가하천관리청 (National River Authority)과 10개의 지역하천관리청 (Regional River Authority)에서 수계별로 수질과 수량관리를

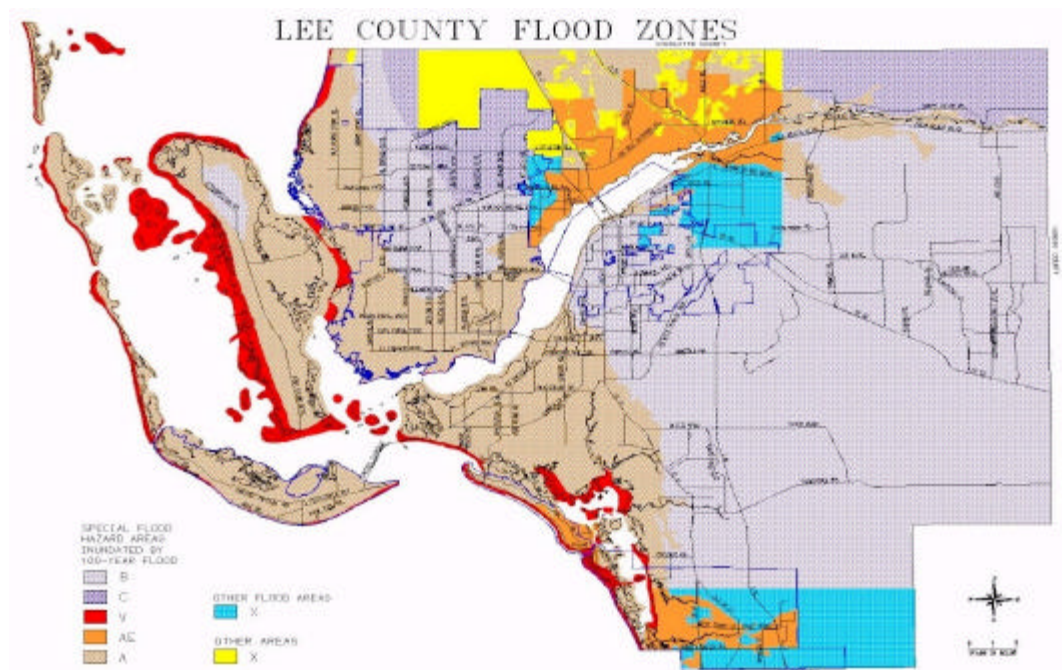
---

18) FIRM: Flood Insurance Rate Map (홍수보험율지도)

19) Q3는 Quality level 3의 약자로서 홍수지도의 수준을 단순한 선그래프형태의 지도에서 벗어나 래스터 혹은 벡터 자료로서 지리정보로 변환할 수 있는 최소한의 사양을 표준화하여 정의한 홍수지도를 말한다.

20) DFIRM: Digital flood Insurance Rate Map) 전산화된 홍수보험율지도

동시에 수행해왔으나 1989년 민영화과정을 통해 Public limited Company가 운영을 하고 있고 Ordinance Survey에서 관련된 지리정보시스템을 구축하여 지원하고 있다. 기상청의 경우 전국단위의 기상관측자료 네트워크를 통해 자료를 수집처리하고 있고 추가적인 수질관측지점을 두고 있다. 수자원 자료국에 속한 실무반에서 자료의 수집, 저장, 재생산이 표준양식에 따라 수행되도록 직접 자료를 관리한다. 영국의 경우 환경성에서는 물정보에 대한 자문 및 자료수집 및 자료발간을 하나 대부분의 전자파일의 자료는 중앙하천청에서 수질과 수문업무를 동시에 수행한다.



1. FIRM (Flood insurance rate map)

zone A zone AE  
zone B 100  
zone C 가 zone X 500  
100 100 1  
가 ,

(8)

- ① 담당기관 및 목표: 지방자치단체, 홍수로 인한 침수피해를 줄이기 위한 지도 제작  
법, 평소에 수해발생시 피난경로 및 안전한 행동지침을 포괄하는 피해활용형 지



획단의 표준화 노력의 결과가 반드시 수계분류에 관한 기본지리정보 자료에 입력이 되도록 해야한다. 미국, 영국, 캐나다 모두 하천에 관한 내용을 기본지리정보로 담고 있으며 각각 USGS, OS (Ordnance Survey), 지오매틱에 관한 연합연구회의 표준화 원칙을 반영하여 진행되었다.

## 2.

### 1)

#### (1)

과학기술부, 건설교통부, 환경부, 농림부 산하의 연구사업으로 진행된 프로젝트의 경우에는 개념적 접근으로 활용성을 제안하는 형태를 띠게 된다. 이러한 경우, 광의의 과제제 목 선정이 이루어지게 되어 차후 본격적인 전체 사업으로 확장할 경우에 중복성의 문제가 제기될 소지가 있다. 예로 인구조사를 하기 위한 시스템이 90년대 초기에 만들어 졌다고 하여 2000 년 이후에는 유지보수만 할 수 있을 만큼 전산환경이 그대로 유지될 수 없다. 유사한 이름의 프로젝트명이 상이한 범위와 목표를 가지고 진행이 되는 것을 중복투자란 이름으로 저지한다면 정보화 과제의 필요성은 침소봉대하고 실제 내용은 과거의 불완전한 연구사업의 결과를 시스템화하는데 사용되는 불합리성이 존재하게 된다.

대안으로는 학계에서 수행한 소규모 프로젝트를 국가에서 지원할 경우 사용된 용어는 기획예산처에서 중복성 검토프로그램을 통해 제거하여야 만이 보다 건설하고 정책지원이 가능한 정보화가 이루어질 수 있을 것이다.

#### (2)

정부의 조직에서 부처의 규모와 힘에 비례하여 정보화 예산의 규모가 결정될 수밖에 없는 것이 사실이지만, 물관련 정보화의 대상지역이 넓은 농림부와 환경부가 오히려 건설교통부의 하부시스템보다 작은 규모로 정보화를 추진하고 있는 아이러니가 발생하고 있다. 구체적으로 살펴보면, 건설교통부의 수자원공사에서 하천유역조사를 제외하고는 대부분의 물관리정보화의 관심 대상은 주요 국가하천 혹은 하천의 분류와 댐을 중심으로 이루어져 있는 반면에 농림부와 환경부는 거의 전국을 모두 대상으로 하고 있다는 점이다. 결국, 각 부처의 정보화계획 단계에서 예산확보를 위한 전략을 세우는데 소요되는 예산의 차이가, 결국 정보화사업의 전개와 이후 감사 및 보완을 위한 지속적인 지원의 차이로 이어지



---

고 있다.

대안으로는 수질개선기획단이 예산의 형평성을 검토할 만한 전문인력을 확보하는 것이 가장 시급하며, 조정기관으로 예산확보 및 조정 시에 수질개선기획단이 사전에 적극적인 개입이 필요하다.

### (3)

모든 정보화의 문제점은 단순히 시스템의 문제가 아니라 업무의 흐름과 조직의 문제와 직결된다. 중앙의 각 부처의 정보화추진 전략이 아직도 지방자치단체의 인력 및 정보화 수준에 대한 이해를 바탕으로 하고 있지 않다는 점이 우선 지적될 수 있다. 지방자치단체에 각 부처에 상응하는 부서를 운영하고 있지만 유사한 자료를 다른 부처와 실·국에서 각각 구상한 시스템에 맞추어 자료 요청을 한다면 이를 성실히 수행할 방법에 한계가 있을 수 밖에 없다.

예로서 동·리별 인구자료를 요청하는 기관의 입장은 각기 상이하므로 각각의 시스템에서 지방자치단체에게 입력 양식을 만들어 시스템으로 자료를 넣을 것을 요청하고 교육을 시키는 경우이다. 건설교통부는 수자원공사를 프로그램을 통하여 유역별 물 수요량을 정확히 파악하기 위하여 인구자료부터 요청을 하고, 환경부에서는 국립환경연구원을 통하여 오염원으로서 인구의 수를 파악하고자 매년 같은 자료를 요청하게 된다. 특히 앞으로 지역의 개발 계획을 고려하여 5년까지의 인구추이에 대한 지방자치단체의 예측값까지 정리를 하도록 요구한다. 이와 같은 자료는 일상적인 지방자치단체의 업무와는 크게 연관되지 않으므로 연례행사처럼 수행이 된다. 이와 같은 요구는 정보화 전반에 걸쳐 있는 문제로 단순히 물관리 정보화에만 국한된 것이 아니다. 게다가 행정자치부에서 일부 행정구역을 조정할 경우에는 시스템 전체에 입력할 수 있는 체계에 문제가 생기거나 일치하지 않은 데이터가 발생하면, 중앙에서는 시스템에서 혹은 사람이 일일이 내용을 수정하고 지방에 확인을 해야하는 문제가 발생하게 된다.

또 다른 불일치의 문제는 지사의 정보화와 지방자치단체의 정보화가 상호 연관되어 진행이 되지 못하고 있다는 점이다. 수자원공사 및 농업기반공사의 지사와 지방국토관리청, 지방환경관리청의 정보화가 지방자치단체의 정보화와 별개로 진행이 되고 있다. 중앙과 지방자치단체를 연결하는 행정자치부의 시군구 행정정보화사업이 진행이 되면서 가능한 자료를 엮어 일치를 시키고자 하지만 정보시스템 자체가 혼연일체가 되어 움직일 수 있는 것이 아니라 새로운 입법에 따른 자료의 요구가 끊임없이 발생하고 있는 상황에서 각 부

처에서 요구하는 기본 사항이 모두 행정자치부의 행정정보화사업에서 제공될 수 있다는 것은 불가능한 일이다.

대안으로는 지방자치단체에서 정보를 생성할 수 있는 인력 풀이 충분하지 않은 상황에서 각 지사 혹은 유역관리청에 자료를 제공하고, 정부의 각 부처에 다른 양식의 자료를 생산 제공하는 이중고를 막을 수 있는 표준화가 강구되어야 한다. 특히 지방자치단체의 이익을 위하여 별도로 환경영향평가를 하고 개발을 무리하게 진행하는데 역으로 정보화를 악용하는 측면이 있다. 다른 한편으로는 중앙에서 일방적인 지침을 전달하여 지방자치단체에서 제공한 자료가 거꾸로 지자체에 불이익을 주게 될 소지가 있게 된다.

정보화는 시스템의 구축 문제 뿐만 아니라 수집되는 정보의 품질과 객관성 확보에 주의를 기울여야 하는데 품질관리의 주체는 항상 중앙정부였다. 물관련 정보의 품질을 관리할 수 있는 인증체계가 필요하며, 구축된 정보가 다시 배포 되어야 한다. 그 후에 지자체에 정확도에 대한 검증을 거쳐 중앙으로 피드백되어 DB가 갱신되는 과정을 향후 정보화시스템에서 고려해야 한다.

#### (4) 가, 가

정보화에도 패러다임이 있다. 이러한 패러다임의 변화를 수용하는 수준을 부처의 담당자가 조절을 하기에는 어려움이 따른다. 즉 정보화담당관이 있을지라도 변화하는 정보기술의 속도를 다 따라갈 수 없고 반드시 그렇게 할 필요도 없다. 물관련 전문가가 의사결정을 지원하기 위하여 최근에 개발된 예측력과 적용력이 뛰어난 전문 모델을 사용하고자 하게 된다. 이는 수많은 자료들 속에서 정책에 필요한 주요 요소를 객관적으로 도출하기 위한 수단으로 정보화시스템 속에 녹아 들어가야 하는 내용이 된다. 하지만 학계에서 새로이 개발되는 모델과 해외에서 소개되는 모델간의 차이점으로 발생하는 의사결정지원시스템의 결과물은 늘 논쟁거리의 대상이 되게 된다.

특히 관련 모델의 입력요소를 변화시키는 것은 업무담당자가 결국 시스템을 구축하고자 하는 목표와 일치되게 작성이 되어야 하는데 이러한 부분이 완성되기에는 어려움이 많다. 첫째로, 모델 자체가 수많은 자료를 전제로 하는데 실제의 데이터가 거기에 미치지 못함으로써 정보시스템의 시나리오부분이 미약하게 되기 때문이다. 둘째로, 정보화를 용역으로 담당하는 회사의 경우에 지리정보시스템, 모델링, 업무시스템을 총체적으로 이해하여 시스템을 구축할 수 있는 인력을 확보하기가 매우 어렵다는 점이다. 셋째로, 아무리 시스템을 훌륭하게 만들었다 할 경우라도 입력되는 데이터의 기본 틀이 바뀌어 타 부처에서 들

---

어오게 되면 시스템 자체의 프로그램을 수정해야 하는 상황이 발생한다. 특히 물관리에 관련된 정보는 여러 형태의 자료를 외부기관에서 구축한 내용을 가져와서 사용할 수밖에 없으므로 시스템의 생명 주기가 외부 의존적인 요소가 강하게 된다.

대안으로는, 물관리 정보화 프로젝트가 대형프로젝트일 지라도 품질관리의 부분은 무조건 대기업이 보장할 수 있다는 사고를 극복하고 전문화된 기업의 활동의 폭을 넓혀주고, 단시간에 전문인력을 확보하기 어려운 경우에는 외주용역관리 (outsourcing)를 적극적으로 고려할 필요가 있다.

## 2)

환경부·건교부 등 물관련 부처간의 물관리 정보의 공유를 위해 마련한 "공통유역도 표준"에 대한 중권역 분할원칙을 정립하고, 단계별 표준화 추진, 공통유역도의 분할원칙을 정립함에 따라 일관성 있는 부처간 정보 공유체계 기반을 조성하고자 하였다. 특히, 물관련 부처간의 자료공유차원에서 수문학적 유역특성을 유지하면서 환경적인 측면을 고려하여 수량과 수질을 동시에 고려한 자료공유체계를 구축하고자 하나 각각의 시스템 구축의 목표가 상이하므로 조정이 가능한 부분이 매우 적다.

예로 수질과 수량의 측정지점 일치는 물관리를 위해서 반드시 필요한 부분이다. 하지만 수량의 측정지점을 바꾸는 것은 하천정비의 기본 근간을 이루고 있는 티센지점<sup>21)</sup>의 변화를 의미하며 이는 10년에 한번씩 최대홍수위를 산정하는 중장기적 목표치의 수정까지를 요구하게 되는 등 무리한 요소가 많다. 수량은 건교부, 수질은 환경부라는 이원론적인 원칙 자체가 표준화의 한계를 보여주는 부분이라 할 수 있다. 댐과 국가하천을 중심으로 한 수질 수량 측정은 건교부에, 지방하천 및 중소하천의 수량 수질관리는 국토관리청과 환경부가 위원회를 구성하여 조정작업을 시작하는 것이 바람직 할 것이다.

그러나 소하천 및 지방하천의 모니터링은 예산배정이 거의 되고 있지 않은 상황에서 표준화를 위한 지역적 역할 배분은 위험한 발상으로 그칠 소지가 있다. 그리고 환경부에서 수질과 관련된 상수원보호구역 또는 특별대책지역과 같은 지역의 소하천에만 관심을 가질 수밖에 없는 현실에서는 농림부 또는 농업기반공사에서 중장기적으로 소하천의 수질수량 관리에 보다 폭 넓게 접근할 수 있다고 본다. 2002년 8월 말에 발생한 강원도 지역의 태풍

---

21) Thissen : 특정 포인트에 있는 값을 기준으로 점간의 평균값을 경계로 하여 전체 지역을 다각형으로 분할하는 방식의 데이터 처리방법. 예로 수량측정지점의 경우 포인트로 정리 되어 주변의 수량측정 지점 사이의 값을 비교하여 하천의 특정 지점의 유량을 유추할 수 있도록 해준다.

으로 피해를 본 것을 고려할 때, 소하천의 관리 역시 정보화 및 수량 수질 관리에서 무시할 수 없는 사항이라는 것을 직시해야 한다. 수자원관리의 한계를 볼 때 중소하천의 수질 관리와 수량관리를 일치시켜 정보화하는 것이 필요하지만 재원확보에 어려움이 많을 것이라는 결론에 이르게 된다.

### 3.

#### 1)

건교부와 환경부는 각각 수량·수질분야에 대한 상위통합시스템을 구축·운영하도록 되어 있으나 별개의 조직으로 운영되고 있는 상황에서 공동의 시스템개발은 현실적인 대안이 될 수 없다. 특히 수질개선기획단이 실무 추진조직이 아닌 국무조정조직이므로 수질개선기획단내의 상위통합시스템을 구축할 수 있는 재원확보에 어려움이 따를 것으로 보인다.

따라서 각 기관별로 조직의 목표에 맞는 각각의 시스템을 구성하되 공통으로 표준화될 수 있는 자료와 업무 등을 정의하여 표준화안을 도출하되 구체적인 사항의 협의는 관계기관장의 회의보다는 실무자를 중심으로 한 추진 전담팀을 한시적으로 운영하여 확정짓도록 하는 것이 현실적일 것이다. 성공사례로는 수자원단위지도와 배수구역도, 농촌용수구역도 등의 개별 관리지역구분을 표준화 추진전담팀 (2002년 4월1일~4월30일)이 외부 기술인력과 더불어 표준유역도에 대한 합의를 도출한 것을 들 수 있다.

#### 2)

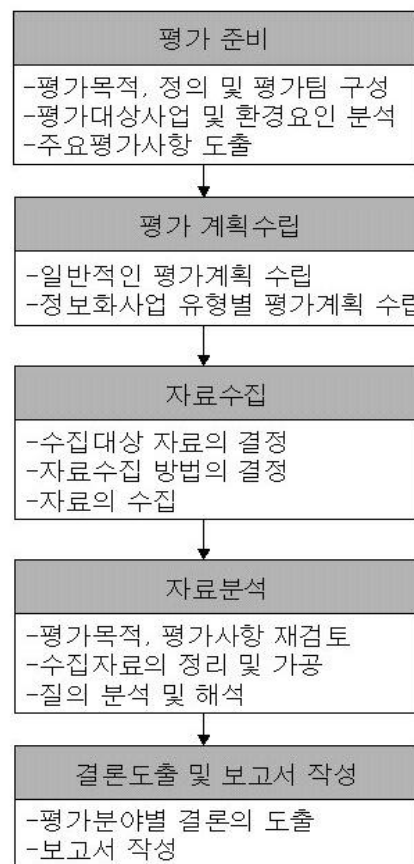
G7 과제 차세대핵심환경기술개발사업, 프런티어 연구사업 등 물관리 관련 신기술, 모형 개발결과 등을 적극 수용할 수 있도록 한국과학기술개발평가원 (KISTEP), 환경기술진흥원 (KIEST) 등의 과제 전담인력들이 가지고 있는 과제 관리시스템을 참조하도록 한다. 이는 산업화를 목적으로 하는 기술개발과 국가재원이 상당히 투자된 사업들로서 물관리 정보화에 직·간접적으로 기여할 수 있는 부분을 찾아내기 위함이다.

#### 3)

물관리 정보화사업평가의 기준이 목표대비 진도관리 중심으로 평가하는 일반 수질개선

기획단의 기준을 따르기보다는 국가GIS 사업 효과평가 절차에 따라 진행하는 것이 바람직 할 것으로 보인다. 수질개선기획단의 평가 과정은 각 부처의 사업요약서와 계획서를 취합 하고 이를 민간위원에게 배포하고 담당하는 민간위원 1인이 1개 과제에 배정이 되므로 평 가가 심도 깊게 이루어지기가 어렵다. 특히 정보화 부분은 기술의 변화가 크고, 관련 법규 의 변화에 따른 변경가능성이 많고, 다른 과제와의 연계가 크므로 평가팀을 구성하여 단계 적으로 수행하는 것이 바람직 할 것이다.

예로서 지하수 수질조사 및 방치관정관리 (3-2과제)와 분야별 물관리정보 시스템구 축(9-7과제) 의 경우 민간위원에 따라 보는 시각이 다양하여 정보시스템으로서의 특성, 자료의 정확도 및 업무환경의 적용성에 대 한 특성을 다른 시각에서 평가할 수 있다. 사업비 대비 기대효과의 정량화라는 분석의 틀을 넘어 물관련 정보화 사업의 평가가 바 르게 이루어질 것이다. 기획예산처의 입장 에서 사업의 경제성 평가는 매우 익숙한 부 분으로 차후 예산배정에 도움이 되는 결과 로 판단 되지만 국가사업이 민간사업의 투 자성을 평가하는 기준을 그대로 적용하여서 는 안될 것이다.



2. 가 가 .  
가 가 NGIS  
가 가

#### 4) 가

국가지리정보시스템 사업 추진과정에 제 1차 NGIS 사업의 경우에는 기본도를 중심으로 한 수치지도 제작에 초점을 맞추어 주로 1:25000과 1:5000 축척의 수치지도가 생산되었다. 이러한 가운데 물관리 정보화 사업도 만들어진 수치지도를 기반으로 활용하는 시스템을

구축해 왔다. 즉 물관리정보화의 근간은 국가지리정보사업의 결과물이라는 점을 주시해야 한다. 하지만 이러한 기본 지형도가 자주 갱신되지 않고 표준포맷으로 사용하기로한 SDTS 포맷의 활용성이 낮으므로 각 부처에서 별도의 지도구축 및 수정작업을 계속해서 진행하여 감사원 및 여러 감독기관의 지적을 받아왔다. 물관리정보화가 반드시 NGIS 2차 사업의 전략 및 목표를 고려해야 하는 이유는 다음과 같다.

**첫째로,** 물관리정보화의 근간이 되는 수질 및 수량의 데이터는 정확한 위치좌표와 속성좌표를 가져야 하므로 기본도로서 수치지도가 활용이 될 수 있기 때문이다.

**둘째로,** 모든 정책입안자와 행정실무자가 야외에서 조사를 하고 전국의 하천 및 호소의 상황을 파악할 수 없으므로 현실을 반영한 상황정보 및 멀티미디어의 정보에 의존하여 상황을 파악할 수 있다. 1회적인 방송국의 비디오 촬영이 아니고도 컴퓨터에 저장된 지도와 통계자료가 연결되어 상황을 파악할 수 있다면 큰 도움이 될 것이다.

**셋째로,** 통계적인 처리를 해야하는 경우, 예로 농업용수의 사용량을 예측하거나 하천의 유달부하량을 계산하게 될 때 기본이 되는 자료는 행정구역을 기반으로한 통계자료를 사용하게 된다. 거리에 따른 변화 속도, 유역별 합계 등 지도상에서 계산될 수 있는 항목이 바로 의사결정의 중요한 기준수치를 제공하게 되므로 자주 바뀌는 행정구역자료에 대한 지속적인 갱신은 기준수치 도입을 위해서는 필수적인 요소이다.

**넷째로,** 전문적인 모델을 사용하거나 일반적인 토지이용의 자료를 활용하여 모델의 정확도를 높여 갈 경우에도 국가지리정보의 기본틀에서 가져올 자료가 다양하게 존재한다. 여러 형태의 주제도가 어디서 무슨 목적으로 어떻게 만들어지고 있고 그 내용은 물관리에 어떻게 변형하여 사용될 수 있는 가를 확인하는 작업은 물관리 정보화의 기초작업에 해당된다.

따라서 물관리정보화의 개선안을 도출하기 위해서는 2차 국가지리정보사업에 대한 체계적인 분석과 물관리정보화 사업과의 관계를 분석하는 작업이 필요하다. 기본지리정보의 구축사업의 목표와 전략 각 단계별 추진원칙을 물관리정보와 연계하여 정리하면 다음과 같다.

	NGIS	
추진 전략 1	제1차 국가GIS 사업으로 기 구축중인 공공GIS활용체계를 우선 완료하고 점차로 공공→민간의 순으로 활용도가 높은 지리정보를 단계적으로 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 공공 GIS 활용체계의 완료 차원에서 물관련 정보의 경우는 교통 및 등고선 등 다른 지도 레이어에 비해 정확도가 매우 부족하고</li> <li>○ 실제 업무에 필요한 속성정보가 미비한 상태이므로 제 1차 국가 GIS 사업의 보강차원에서 기본지리정보데이터 구축 수준에 만족해서는 곤란하다는 것을 피력할 필요가 있음</li> </ul>
추진 전략 2	기존 연구개발 결과의 활용과 GIS 응용기능의 수요조사, 상호연관성 검토 등을 통한 활용사업 우선순위 설정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물관리를 위한 GIS 응용기는 수요조사 등이 별도로 수행되고 있지 못한 상태임</li> <li>○ 활용사업의 우선 순위 결정에서 물관리 부분에 대한 투자는 2002년 8월말 홍수재해를 중심으로 하여 보다 장기적인 안목의 연구와 대책 마련이 필요할 것으로 판단됨.</li> <li>○ 행정자치부 중심의 재해를 보완하는 수준의 물관리정보화시스템 개발이 아닌 근본적인 국가지리정보 가운데 물관리 정보화의 기초자료인 정밀한 수치고도자료, 다양한 형태의 주제도 제작이 필요함</li> <li>○ 정기적인 데이터 갱신을 위한 시스템의 지속적인 유지보수를 위한 재원확보의 노력이 필요함</li> </ul>
추진 전략 3	국가와 민간의 협력하에 기본·주제 지리정보를 이용한 공공 및 민간부문의 다양한 활용체계 개발사업 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 민간 협력의 차원은 자료의 활용 측면에서 뿐만 아니라 자료의 생산의 분담 차원에서 논의될 수 있는 부분임.</li> <li>○ 수자원 공사의 홍수지도 관련 사업에 350억 이상의 국고와 수자원공사의 자금이 투자될 계획인데, 이 자료의 활용 가능 주체인 각종 보험회사 및 보험공사 등의 재원을 활용할 수 있는 방법을 동시에 모색할 필요가 있음.</li> <li>○ 특히 lidar 등의 정밀데이터의 경우 시간에 따른 고도의 변화가 수시로 발생할 수 있으므로 이에 대한 유지보수의 차원에서 민간의 활용 재원을 적극적으로 확보할 필요가 있다고 보이며 이는 단순히 기초데이터의 구축 차원이 아닌 정보시스템차원에서 논의되어야 할 것임</li> </ul>

	NGIS	
추진 전략 4	단순 지리정보 외에 다양한 콘텐츠와 결합된 인터넷 지리정보 서비스 제공 등 고부가 활용사업 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인터넷 지리정보서비스 제공의 부분은 물관리 정보화의 결과물을 어떻게 국민에게 서비스 할 것인가에 관련된 과제임</li> <li>○ 부처별 정보제공시스템이 난무할 경우를 대비 하여 장기적으로는 국가 차원에서의 one-stop 정보서비스가 가능한 인터넷 지리정보시스템으로 구축되는 것이 바람직하며, 단기적으로는 서비스 기관이 산재될지라도 점진적으로 통합운영되도록 조치</li> </ul>
추진 전략 5	사용자 중심이라는 개념 하에 일반 시민이나 민간단체가 쉽게 접근 할 수 있고, 생활속에서 GIS가 자연스럽게 이용될 수 있는 사업 발굴	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 모든 시스템은 사용자 중심의 시스템이 되어야함. 물관리 정보화의 경우 분쟁의 소지가 많은 부분과 시시각각 변화하는 수질·수량의 값으로 자료의 품질에 대한 논의가 있을 수 있으므로 대국민 서비스의 부분과 의사결정지원 시스템의 부분이 분명히 구별되어 목적에 맞는 시스템으로 구현이 되어야함.</li> <li>○ 생활속의 GIS 부분에서 물질약 관련 이슈 등 관련된 정보가 일방적으로 주어지는 것이 아니라면, 관련된 정보를 여과하고 관리할 수 있는 기능이 필요하며 이는 단순한 게시판 형태가 아닌 물관련 지식이 있는 사람이 적시에 대응하는 시스템으로 운영이 되어야 함</li> <li>○ 시스템 구축보다는 운영의 차원에서 다루어져야함. 생활 속의 GIS와 같이 음식점, 쇼핑장소 등의 정보가 틀린 것과 국가에서 운영하는 물 관련 정보가 틀린 것은 같은 차원에서 다루어져서는 곤란함. - 자료의 신뢰도에 대한 인증 및 검증과정이 필요함</li> </ul>

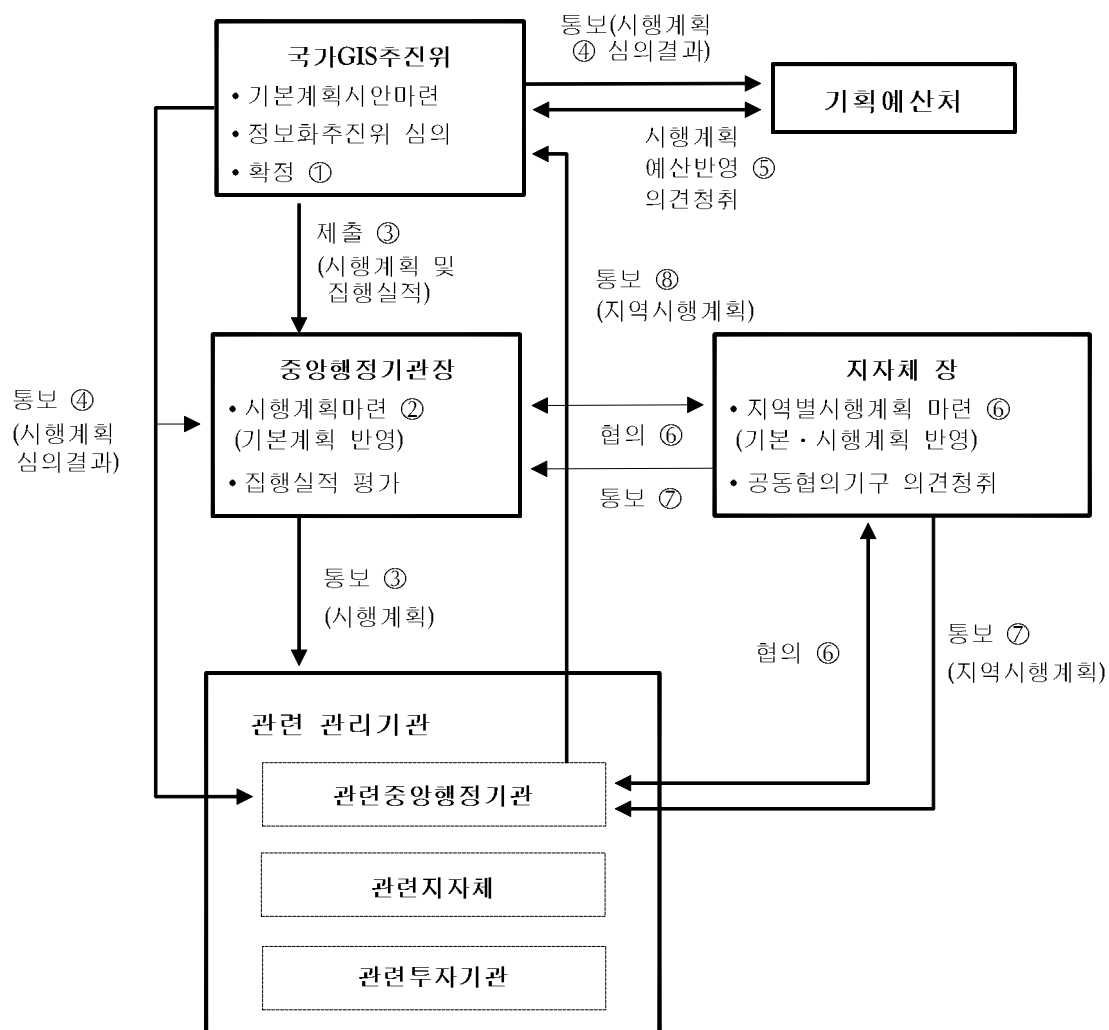


NGIS		
공공 및 민간 GIS 활용 체계개발 협의체 설립·운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물관리 정보화 사업의 결과물의 활용주체는 기본적으로 국가 중앙기관, 산하연구원 및 지방자치단체가 될 지라도 실제로 자료를 생산을 용역으로 담당하고 있는 민간 사업자들을 무시할 수 없음. 비공식적으로 보유하고 있는 자료를 활용하여 하천 및 호소 관련 보고서 작성에 활용을 하면서도 제대로 수정되어야 할 부분과 문제점 등을 지적할 권한이 없는 상황에서는 자료 가운데 갱신되지 않은 자료들이 반복하여 사용되어져 매번 수정을 하거나 아니면 오류가 누적되는 사례가 발생할 수 있음.</li> <li>○ 따라서 물관련 정보화에 기반이 되는 GIS 자료의 경우에는 활용체계 개발 협의체에 수자원 및 수질관련 민간 전문가들이 참석할 수 있도록 하고 자료의 활용 원칙 및 유통구조에 관한 법률이 보완될 경우에 바로 물관리 부분에도 적용할 수 있도록 체계를 구축하여야 할 것임.</li> </ul>	2001년 계획
19개시 지하시설물 (상·하수도) 정보를 구축·완료하고 도로 등 기타 시설 활용체계 개발과 병행하여 제작	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지방자치단체에서 도시정보시스템의 하부시스템으로 구축하는 상하수도정보시스템의 경우에 환경부에서 구축하는 e-상수도 프로젝트와 연계될 수 있으므로 기 구축된 시스템의 기능과 구축과정상의 시행착오를 충분히 감안하여 상호 보완적으로 진행</li> <li>○ 특히 광역상수도 시스템구축 사업의 결과로 관망 중심으로 한 1: 1,000 수치지도의 구축 결과가 지자체와 공유될 수 있는 체계를 만드는 것은 중복투자를 막을 수 있는 방법으로 반드시 검토</li> </ul>	2001 ~ 2002 계획
토지이용현황 정보제작 활용사업을 위한 지자체 업무 및 데이터 활용의 표준화	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건교부의 토지이용현황 정보 및 국토개발계획에 따른 개발 지구 선정 등 중장기 계획에 따른 구역도가 동시에 환경부 및 농림부의 의사결정지원시스템의 주요 레이어로 활용될 수 있는 체계 마련</li> <li>○ 중복 및 오인을 방지하지 하기 위하여 건교부에서는 토지이용현황정보란 용어를 사용하고 환경부에서는 토지피복현황이란 용어를 사용하나 자료의 특성은 상호 의존적인 측면이 많음</li> <li>○ 이와 같은 데이터 활용을 중앙정부에서 표준화하여 지자체에 공유할 수 있도록 하기 위해서는 우선 중앙 정부간의 표준화가 우선적으로 진행되고 일부 중복이 되더라도 상호 보완할 수 있는 체계를 만드는 것이 중요함</li> </ul>	

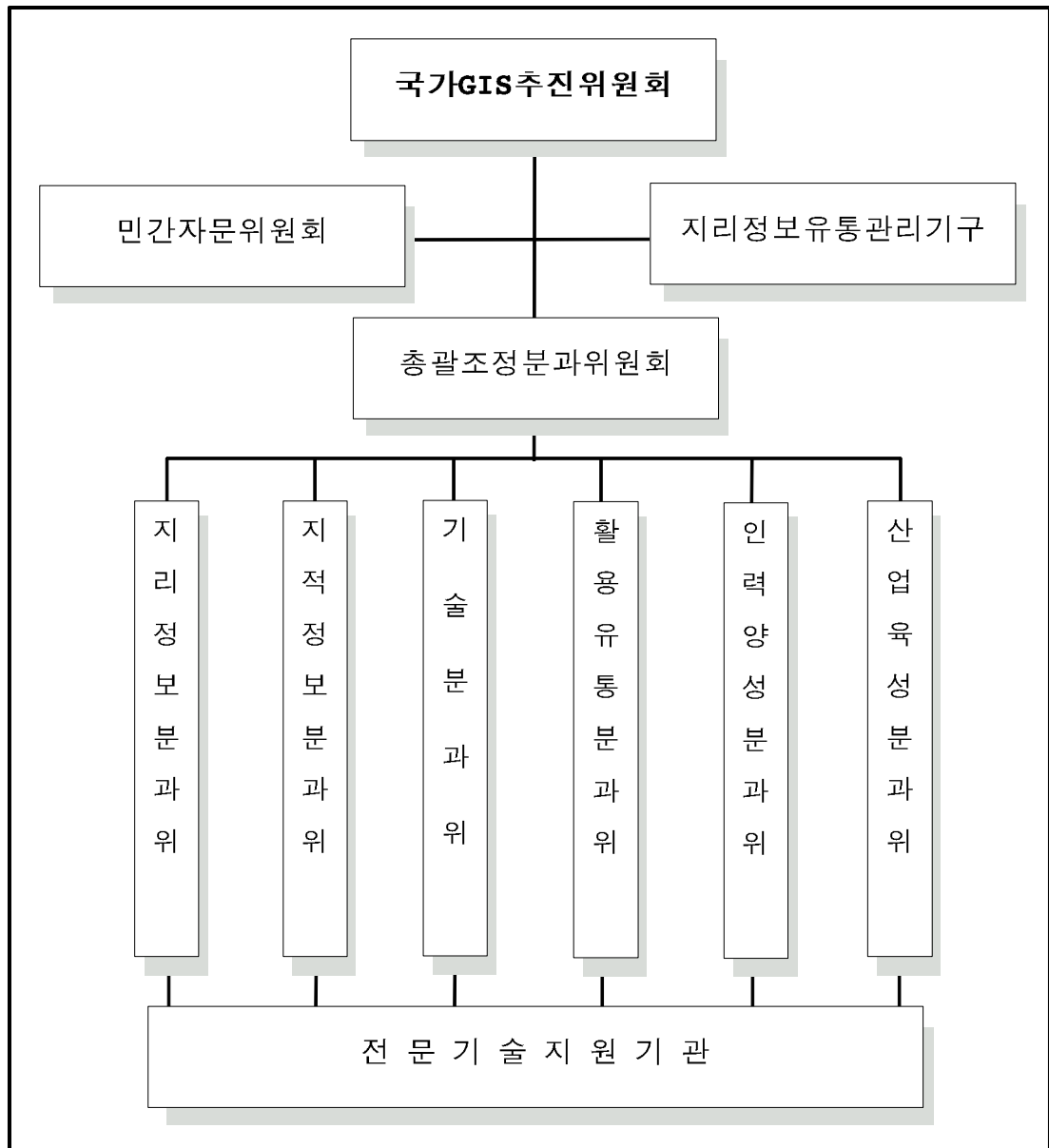
NGIS		
종합계획에 따라 분야별 세부계획의 수립·시행·보완,	○ 1998년 물관리 정보화 표준화 등 종합계획과 원칙은 정립이 되었으나 추진과정에서 세부적인 방안이 검토되는 것에는 다소 미진한 부분이 있음	2002년 계획
GIS 사업평가 및 차세대 GIS 활용사업에 대한 구상/기획	○ 물관리 정보화 사업에 대한 평가 및 활용사업에 대한 부분은 실제로 사용하는 기관의 시스템운영 능력을 배가할 수 있는 체계마련이 시급함. ○ 활용이 되어야 다음에 확장 사업에 대한 기획을 구상	
지하시설물 제작을 전국 도시지역(79개시)으로 확대하고 도시정보시스템 (UIS)과 연계	○ 역시 e-상수도 프로젝트와 연계된 부분으로 e-상수도 시스템 시범지역의 경우, 환경부의 자원으로 구축된 내용과 건교부 토지국의 NGIS 사업의 일환으로 지원된 사업과의 차이가 발생할 경우 문제가 발생할 수가 있음 ○ 예로 행정구역의 조정 및 통폐합 시에 구축된 데이터의 형태가 많이 다를 경우에 별도의 조정작업이 부가적으로 따라야 함 ○ 환경부의 경우 국토연구원에서 기본기능으로 시스템의 인 증요소를 정의한 자료를 확보하여 반영하는 것이 최선의 대책으로 사료됨	2003 ~ 2005 계획
해양/연안 조사를 통한 해안선 정립과 해양주제정보 제작	○ 해양 및 연안의 수질에 영향을 미칠 오염원 정보는 환경부의 기본틀 즉 오염원조사방법, 관리체계, 수집 및 갱신시스템, 응용어플리케이션 등에 자료를 미리 숙지함으로써 보다 효율적인 정보시스템 개발이 가능할 것임	
공동사용이 가능한 표준조사구 경계구축 및 통계자료를 지리정보에 연계 구축	○ 통계청의 자료에서 물관련 정보를 조사하는 내용이 있는지 확인하고 이에 관련된 조사구획범위를 조사할 필요가 있음	2001 ~ 2005 계획
국토이용계획과 도시계획 정보를 토지관리정보체계와 연계하여 제작	○ 국토이용계획 및 도시계획정보의 내용은 수질관리를 위한 정책지원시스템의 시나리오 입력요소로 활용할 수 있음, 예를 들어 “가” 군, “나” 면“다” 리가 국토이용상의 개발촉진지역으로 분류되어 있을 경우에 그 내용이 구체적인 위치와 경계가 포함된 도형자료로 존재하게 될 경우, 그 지역의 오염원의 발생에 따른 주변 하천과 하천 분기점 입구의 수질에 미칠 영향을 모의하는 데 실질적인 도움이 됨 ○ 게다가 토지관리정보체계가 행정자치부나 혹은 건설교통부 토지국에서 제작이 될 경우에 수질관리를 위한 수변구역내 혹은 하천주변의 하천구역내 토지 소유자를 파악하는데 도움이 됨	2001 ~ 2005 계획

NGIS		
<p>생태자연도, 정밀토양도, 산림주제도를 각각 환경정보체계, 농업토양 정보체계, 산림지리 정보체계와 연계 제작</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기 구축데이터의 지속적인 갱신을 위해 과거의 데이터는 그대로 유지하여 히스토리를 관리할 수 있도록 하고 각각의 별개 시스템의 경우에는 주제도의 품질에 대한 관리가 특별히 요청됨</li> <li>○ 물관련 적용가능성에 대해서는 그동안 유역환경 조사사업, 수변구역조사사업, 하천정비기본계획서의 경우 기존 자료를 활용하는 수준에서 그대로 인용하는 경우가 많음</li> <li>○ 데이터의 사용빈도는 높으나 품질을 향상시키거나 문제점을 제시하여 feedback되는 경우는 거의 없음. 모델의 입력 자료의 정교화를 위해서라도 위의 주제도의 품질관리는 지속되어야 함.</li> </ul>	<p>2001 ~ 2005 계획</p>
<p>지반·지질·자원 정보를 지하지리활용체계 개발과 병행제작</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특히 이 부분은 지하수 정보시스템과 직접적인 관계가 있음.</li> <li>○ 건설교통부의 지반지리정보시스템에서 도로를 중심으로 한 보링지점의 주상도 등을 활용, 수문지질도의 보완을 위한 참고자료로 위의 자료를 활용하는 방안, 석탄합리화 사업단의 폐광정보시스템에서 구축된 갱도지리정보시스템을 활용하는 방안 등 각 기관에서 개발된 정보시스템 가운데 물관리에 직·간접적으로 활용될 수 있는 자료의 위치 (KNOW-WHERE)와 구축된 데이터에 대한 데이터(METADATA)에 대한 파악 필요.</li> <li>○ 수질개선기획단의 정보시스템 분야의 전문인력의 정규화 혹은 별도의 연구사업을 통해 지속적으로 그 내용을 파악해야 함</li> </ul>	
<p>GIS 활용 고도화를 위한 기반연구 및 법·제도 업무정비</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국가지리정보시스템 관련 법률에는 국가지리정보시스템에 관한 법률 외에 측량법, 토지관리법, 도시계획법 등 관련된 법률, 법령 및 조례 등이 있으나 체계적으로 관리되고 있지 않아 2004년부터 체계화하여 별도의 법률로 제정할 계획을 가지고 있음.</li> <li>○ 이와 마찬가지로 물관리 정보화에도 역시 관련된 법령이 있는 바, 하천법, 3대강 특별법 등 지속적으로 입안이 되고 수정 혹은 보완되어지는 법률에 대한 검토가 병행하여 이루어져야 할 것임</li> <li>○ 예로서 하천구역을 정의하는 것은 하천법에 따라 이루어지고 있지만 구체적인 적용을 하기 위해서는 실제 국토에 대한 정밀한 측량과 정보시스템의 구축을 전제로 해서 실무에 적용되어야 함.</li> <li>○ 그래야만 법적인 소송과 분쟁에 대처할 수 있는 상황이 마련됨. 법률적으로 제방이 없는 구간의 하천구역설정과 이의 활용에 대한 절차를 규정해 놓고 있더라도 실제 구체적인 환경하에서 기술적으로 적시에 평가하여 위법여부를 평가하여 조치하기에는 하천에 대한 정보가 부족하므로 법적인 대응은 늦을 수밖에 없음.</li> <li>○ 정보시스템은 법률의 변화와 실제 국토와 물의 이용이란 측면의 실제 상황의 차이를 최소화할 수 있는 수단으로 활용</li> </ul>	<p>2004 이후 계획</p>

마지막으로 국가 GIS 사업계획의 수립 및 시행절차에 대한 흐름을 통해서 물관리정보화 관련 사업계획이 부처별로 산재해 있지만 나름대로의 조정기관을 통해 흐름을 명시화할 필요가 있으며 아래와 같은 업무흐름도중 수질개선기획단의 업무부분에서 정보화 분야의 조직강화가 필요할 것으로 판단된다. 국가지리정보의 구축과정에서 민관합동 분과위원회가 구성되어있는데 이중에서 지리정보분과위, 지적정보분과위에서는 기본지리정보에 관한 다양한 계획이 도출되고 기술분과위와 활용유통분과위원회에서는 이미 구축된 시스템의 기술과 앞으로 기술의 발전방향에 대한 정보를 가지고 있으므로 물관리 정보화 계획을 추진할 때 도움이 될 것으로 판단된다. 각 분과 위원회의 보고서 및 회의문서, 의결사항, 계획서 등을 수개단에서는 정보화 부분을 담당자가 파악하여 각 부처의 지리정보구축 현황을 파악하고 더불어 물관리 정보화가 이루어지도록 하는 것이 바람직하다.



### < 3. NGIS >



< 4. NGIS .

>

## &lt; 4. NGIS 2 .

가 &gt;

	( )	
1. 기본지리정보구축		
○ 국가기준점 체계 정비	지리정보분과 (행자부, 해수부, 국방부 등)	2001부터
○ 기본지리정보 구축 시범사업	지리정보분과 (건교부, 행자부, 해수부 등)	2001 - 2002
○ 기본지리정보 데이터베이스 구축	지리정보분과 (건교부, 행자부, 해수부 등)	2003부터
2. 활용체계 구축		
○ 토지이용 및 공공제한 관련정보	건설교통부, 지자체 (농림부, 환경부, 농촌진흥청, 산림청 등)	2001 - 2003
○ 7대 지하시설물 지리정보	지리정보분과 (건교부, 산자부, 환경부, 지자체, 투자기관)	2001 - 2005
○ 지하지리정보	건설교통부, 산업자원부, 문화관광부, 투자기관	2001 - 2005
○ 환경 및 농림 지리정보	농림부, 환경부, 농촌진흥청, 산림청 (건교부 등)	2001 - 2005
○ 해양·수산 지리정보	해양수산부 (환경부, 건교부 등)	2001 - 2005
○ 공공·민간활용체계 지원	추진기관, 기업, 협회·민간단체 (각 부처)	지 속

## 5)

국가GIS 사업의 추진에 필요한 분과별·부처별 예산을 매년 협의에 의하여 사업의 중복을 방지하고 투자효율을 제고하도록 되어 있다. 이에 대한 법률적 근거로는 「국가지리정보체계의구축및활용등에관한법률」 제6조에 근거하여 기획예산처장관은 관계중앙행정기관의 장이 수립한 연차별 시행계획의 시행에 필요한 예산을 편성함에 있어 국가GIS추진위원회의 의견을 들어야 한다.

단계별 예산 사전협의방안 가운데 실무협의회를 통한 협의(안) 작성과정에서 물관련 정보화의 부분에 있어서 협의가 이루어질 경우 결의 과정에서 수질개선기획단에 통보 혹은 참조할 수 있도록 조치할 필요가 있다. 수자원정책국과 수질정책과 등 관련부서 외의 담당관에게 물관리 정보화에 대한 인식을 제고시킴으로써 실무협의회 위원들이 초기계획을 세울 때 중복투자를 방지하도록 해야 할 것이다.

2단계로, 국가 GIS 추진위원회 상정 및 심의할 경우 기획예산처에 제출한 의견에 물관리 정보화 관점에서 필요한 사항을 추가 혹은 강조할 수 있는 부분을 확보하거나 수개단의 적극적 의견 표출 통로를 확보하여야 할 것이다.

본 연구는 과거의 4년간의 물관리정보화 민간위원으로 활동하면서 경험에 기초하여 필요한 자료조사 및 기관 방문 등을 통해 정리한 것으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

<p><b>연구과제, 시스템구축과제의 차별성강화</b></p> <p>.학계의 연구과업 피드백체계 마련 .실험적 연구와 업무시스템과의 차별성 인식 .과다한 사업 중복성 검토 완화</p>	<p><b>물관리 정보화 개선을 위한 제언</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 수질개선기획단의 조직 구성원의 지속성 확보: 파견과 빈번한 인사이동의 문제 해결-&gt; outsourcing 혹은 상근전문가를 고려.</li> <li>2. 정보시스템의 문제는 운영하는 조직의 문제를 반영: 선진국의 경우도 모두 과도한 표준을 제정하기 보다는 부처간 실무자의 합의에 의한 표준화로 문제해결.</li> <li>3. 지리정보는 물관리 정보화의 도구이자 기본 틀에 해당되므로 건교부 NGIS팀과 수개단의 미팅을 정례화하도록 조치.</li> <li>4. 전산환경의 급속한 변화와 물 관련 법제도적 변화를 모두 만족시키는 시스템은 없음. 즉 정보시스템은 한번 구매하여 설치하는 기계와 다른 생명체로 인식.-&gt;시스템의 구축은 탄생과 같으므로 계속해서 좋은 품질의 데이터로 먹이고 입혀야 하므로 지속적인 유지보수의 비용을 확보.</li> </ol>
<p><b>정보화 예산 형평성의 확보</b></p> <p>.관리면적에 대한 고려 .수개단의 적극적인 예산조정개입</p>	
<p><b>중앙부처-지방자치단체의 정보화 연계</b></p> <p>.지자체의 정보화 환경의 이해 .시군구 프로젝트의 한계인식 .지사 및 지방청의 시스템과 지자체업무연계</p>	
<p><b>전문가와 실무자간의 견해조정 시스템화</b></p> <p>.수질, 수량은 연속적으로 변화는 대상-전문 모델링의 필요성 &amp; 실무자 업무적용가능성 .정보화전문가 &amp; 물관련 전문가 .과다한 중복성 검토 완화</p>	

첫째로, 2002년 9월말 수준에서 물관리 정보화 사업에 대한 평가는 부처별 목표에는 나름대로 달성을 한 것으로 사료되지만 목표치 자체가 제한된 예산의 범위로 위축된 감이 있다. 수질개선기획단이 업무수행기관이 아니므로 표준화 과업을 수행할 수 없으므로 목표는 높지만, 결과적으로 조정 역할에만 그치고 적극적인 개입이 어려운 상황이었다. 따라서 과장급이상 혹은 기관장간의 협의 보다는 실무자간의 특수전담반 형태로 구체적인 업무조절과 협조체계가 구축되도록 독려해야할 것이다.

둘째로, 해외의 사례에서도 모든 팀과 모든 조직을 만족시킬 수 있는 정보화 프로젝트는 불가능하다는 것을 알 수 있었으며, 나름대로 물관련 정보화에 있어 연구목표와 추진체계, 표준화 전략 등이 있었다. 표준화는 한번에 끝나는 사업이 아니며 기술의 발전에 따라 계속 변화해야할 부분이다.

셋째로, 연구과제와 시스템의 구축과제와의 차별성을 두어 중복투자로 인한 과다한 과업발굴억제는 지양해야 할 것이다. 정보화 예산의 형평성 부족을 극복하고, 물관리 정보화에 있어 중앙과 지방자치단체의 상호보완적 관계를 정립할 필요가 있다. 정보화전문가, 물관련 전문가와 행정담당자 간의 상이한 견해의 조정문제는 물관리 정보화의 큰 숙제 중에 하나일 것이다.

넷째로, 해외사례 및 국내사례 검토에서도 물관리 정보화의 기저에는 지리정보시스템이란 도구가 자리잡고 있다. 건설교통부와 범부처적으로 진행되는 국가지리정보사업 2단계 사업추진전략을 이해하지 않고는 물관리정보화전략을 제대로 수립할 수 없다. 각 추진전략 및 시행계획에 따른 대처방안과 적용상의 한계에 대해 소견을 정리한 것이므로 수질개선기획단과 국가지리정보사업팀간의 의견조율을 통해 상호 피드백 될 수 있는 체계를 마련하는 것이 바람직할 것이다.

김만규, GIS를 이용한 지하수개발 설계지원시스템, 한국GIS학회지 9-2 207-225

건설교통부 수자원공사, 1999, 정보화근로사업 하천관리지리정보시스템 구축보고서

건설교통부 수자원공사, 2001, 하천 수리·수문 분석시스템 개발

환경부 한강유역환경관리청, 2001, 한강유역통합시스템 구축사업 보고서

Jinjoo Lee and Sanghoon Kim, "The Relationship between Procedural Formalization in MIS Development and MIS Success: A Contingent Analysis," Information & Management, Vol.



---

22, 1992

Lung WuSeng, 2001, Water Quality Modeling for waterload allocations and TMDLs John Wiley & Sons, inc.

Jan Kalvada and Charles Rosanfeld, 1998 Geomorphological Hazards in High Mountain Areas  
Kluwer Academic Publisher

Patricia Ferdinandi, 1999, Data Warehousing Advice for Managers, AMACOM

<http://myhome.thrunet.com/users4/615/khha1118/e-trade21databank/e21.htm>

<http://gis.state.ga.us/gisfaq/metadata.html>, Metadata FAQ.

<http://www.wcdoe.org/rougeriver/pdfs/maps/awsamp94.pdf>

<http://www.abag.ca.gov/bayarea/eqmaps/eqfloods/fglossry.html>

[http://www.fema.gov/mit/tsd/dfm\\_dfhm.htm](http://www.fema.gov/mit/tsd/dfm_dfhm.htm)

<http://www.hondutel.hn/jica/english21.htm#Aerial> Photography, Digital Orthophoto and Digital  
Mapping

&lt; &gt;

=====

가

❖ **고도참조표시 <(Elevation Reference Mark (ERM)>** - 홍수지도에서 수직적인 고도 표시를 위해 참조하는 고도의 기준으로서 미국의 경우에는, National Geodetic Vertical Datum (NGVD) or the North American Vertical Datum (NAVD) 로 전국기준을 잡고 부분적으로 지역의 기준면 (local datum)을 사용하기도 한다.

❖ **국가홍수보험프로그램 (National Flood Insurance Program (NFIP))** - 미 연방에서 지역 주민의 자발적 참여를 유도하기 위하여 홍수가능성이 있는 지역을 관리하기 위한 프로그램

❖ **기본도 (Base Map)** - 하천, 도로, 다리, 댐, 지형 등의 공통적인 지형지물을 묘사한 지도이다. 지리정보시스템에서 자료의 구축에 기본 틀을 제공하는 지도가 된다.

❖ **데이터레이어 (Data Layer)** - 유사한 특성을 갖는 객체들로만 구성된 데이터 셋으로 여러 하천만을 모은 것을 하천레이어에 해당된다. 호소를 하천과 별도의 레이어로 볼 경우도 있고 수체 (waterbody)로서 하나의 레이어에 속성으로 하천과 호소를 처리할 수도 있다.

❖ **데이터베이스 (Database)** - 공통된 사실과 관련된 데이터의 집적체이다.

❖ **데이터 획득 (Data Capture)** - 지도 및 현실에 있는 자료로부터 컴퓨터가 인식할 수 있는 자료로 변환시키는 일체의 과정을 의미한다.

- 
- ❖ **데이터셋 (Data Set or Data File)** - 미리 정해진 방식에 의해 논리적으로 수집된 정보의 집합체를 말한다. 물리적인 데이터세트는 한 가지 유형을 갖게 되며 데이터 처리과정에서 입력 자료로 사용되거나 산출물로 생산될 수도 있다.
  - ❖ **디지털라인그래프 (Digital line Graph (DLG))** - 점, 선, 면으로 구성된 위상 구조를 가진 데이터를 생성하기 위한 컴퓨터 파일 포맷이다. 행정경계, 수역경계 및 다른 여러 형태의 선을 구성하기 위한 점의 집합이다. 홍수위험지도에서 생산된 자료는 디지털 라인 그래프와 도엽별로 중첩하여 볼 수 있다. Level 3 자료는 좌우 상하의 관계를 포함하는 위상구조를 가지고 있고 지리정보시스템으로 통합되도록 설계되어 있다.
  - ❖ **디지털라이징 (Digitizing)** - 아날로그 형태의 종이 지도를 전자포맷으로 변환 시키는 과정으로 주로 컴퓨터로 작업을 수행한다.
  - ❖ **래스터자료 (Raster Data)** - 특정한 2차원적 구조에서 분할된 직사각형으로 한정된 2차원적 기하 원시 요소로서 그림이나 지도를 스캐닝한 경우 화면 전체가 직사각형의 화소단위로 값을 갖는 자료구조이다. 항공사진 및 위성사진 등이 대표적인 래스터 데이터이다. 벡터데이터를 부분적으로 래스터화 시키거나 래스터데이터를 벡터화하는 등 필요시 데이터변환을 하게 되는데 원데이터의 목적성을 상실하지 않도록 변환 시에는 유의를 해야한다.
  - ❖ **레이어 (Layer)** - 하나의 물체가 여러 개의 논리적인 객체들로 구성되어 있는 경우 각각의 객체
  - ❖ **면 (Polygon)** - 3면 이상으로 구성된 2차원의 그림으로서 점의 세트로 구성되며 첫 점이 나중 점과 일치하여 폐합이 되어야 한다. 지리정보에서는 하나의 범위를 갖는 지역을 의미한다. 하천을 면으로 처리한다면 하천구간이 하나의 면이 될 수 있고 하천 전체를 큰 면으로 처리할 수 있다. 하천을 선으로 처리할 경우에는 하천 중심선만을 입력하게 된다. 목적에 따라 선, 면으로 다원적으로 지리정보를 구축하게 된다.

- ❖ **버퍼지대 (Buffer Zone)** - 특정 위치나 지형지물로부터 일정한 반경 혹은 일정한 거리 내에 있는 면적을 버퍼라고 한다. 예로 하천의 수변구역의 경우에는 하천의 양안 경계로부터 500 미터 혹은 1 킬로미터의 버퍼를 생성시킴으로 1차적인 범위를 미리 컴퓨터 상에서 볼 수 있다. 공간 분석의 주요 방법 중의 하나로 영향권 분석에 많이 사용된다.
- ❖ **벡터데이터 (Vector Data)** - 구조화된 기하 기본요소의 사용에 의해 만들어지는 기하속성을 정리한 자료구조로 점, 선, 면으로 자료가 분류된다. 중첩 및 일정간격을 두고 범위를 찾아내는 분석을 위한 자료구조이다. 예로 대부분의 도로 및 하천 지번도 등은 빠른 검색을 위하여 벡터구조로 저장된다.
- ❖ **속성 (Attribute)** - 지형지물의 특성을 기술적으로 표현한 것. 지형지물에 대한 위치 및 기타 속성에 대한 자료를 데이터베이스에 넣거나 파일 형태로 관리하게 된다. 하천의 경우 특정하천의 이름, 하천폭, 평균유량 등이 해당되며, 처리시설의 경우 폐수 처리시설의 종류, 최대처리용량, 건설연도, 관리자 등이 속성의 예가 된다. 지리정보 시스템은 해당 지형지물 심볼을 클릭하면 속성의 정보를 가져와 화면에 나타나게 하는 것이 기능을 가지고 있다.
- ❖ **수치데이터 (Digital Data)** - 0 과 1의 이진수 법에 의해 컴퓨터가 인식함으로 도시되고, 기록되고 저장되는 자료를 말한다.
- ❖ **수치라인지도형 수치홍수보험율지도(Digital Flood Insurance Rate Map - DLG (DFIRM - DLG))** - 홍수위험지도 주제도로부터 추출된 자료로서 디지털 라인 그래프 제 3 수준 양식에 맞춰 제작된다. DFIRM-DLG 지도는 그래픽데이터, 기본도 정보를 모두 갖고 있는 것은 아니다. 자료교환을 위한 교환포맷으로 사용되며 미국에서는 1:24,000 축척의 자료로 전국이 타일구조로 구성되어 있다.
- ❖ **수치홍수보험율지도 (Digital Flood Insurance Rate Map (DFIRM))** - 하드카피의 홍수 지도를 생산하는데 필요한 일체의 디지털 자료를 말한다. 여기에는 지도정보, 그래픽, 텍스트, 음영기복도 및 기타 지리적 혹은 멀티미디어 자료 등이 포함되며 그 내용은 연방재난관리소의 기준과 스펙에 따라야 한다.

- 
- ❖ **스캐너 (Scanner)** - 그림이나 사진을 흑백 또는 칼라의 화소로 분해하여 수치화하여 기록하는 도구로서 주어진 화소의 크기에 따라 자료의 용량 및 분해능력의 차이가 매우 크다.
  
  - ❖ **인접 정합과정 (Edge Matching)** - 지도의 경우 각각의 도엽을 전산화했을 때 도엽의 경계부분의 지형지물을 비교하여 연결을 시켜주고 맞추어 주는 과정
  
  - ❖ **연방재난관리소 (Federal Emergency Management Agency (FEMA))** - 대통령에게 직속된 기관으로 인재 및 천재의 상황과악과 완화의 책임을 맡고 있다.
  
  - ❖ **연방지리정보데이터위원회(Federal Geographic Data Committee (FGDC))** - 미 행정관리 예산국 회람 A-16(Office of Management and Budget Circular A-16: OMB A-16)에 따라 만들어져, 지리 정보에 대한 개발, 이용, 공유, 배포 등을 증진하고 있다. FGDC는 14개의 정부 기관의 대표로 구성되어 있고, 다른 연방 기관(federal agencies)은 FGDC의 소위원회(subcommittee)와 실무 집단(working group)으로 참가하고 있다. 소위원회는 데이터의 내용, 질, 전송을 위한 표준을 제정, 구현하며, 정보의 교환과 전달을 촉진시키며, 지리 데이터의 중복 생산을 줄이기 위해 지리 데이터를 조직화한다
  
  - ❖ **연방정보처리기준 (Federal Information Processing Standards (FIPS))** - 미국 연방기관 내의 공식적으로 인정받은 정보처리기준으로 국가기술표준 위원회에서 개발되고 지정하는 표준
  
  - ❖ **위상 (Topology)**
    - (정의1) 연속적인 변환에서도 변함없는 공간적 구성(configuration)의 성질
    - (정의2) 연속적인 변환(transformation) 에서도 불변의 공간구성의 성질
    - (정의3) 위상관계는 공간관계를 명시적으로 정의하는 것이며, 수학적 방법으로서 입력된 자료의 위치를 좌표값으로 인식하고 각각의 자료간의 정보를 상대적 위치로 저장하며, 선의 방향, 특성들간의 관계, 연결성, 인접성, 영역정의하는 것을 의미함

- ❖ **위치지정 (Geocoding)** - 특정 지형지물의 지리적 좌표 혹은 격자망의 번호를 찾아내는 과정.
  
- ❖ **점 데이터 (Point Data)** - 벡터 데이터세트에서 하나의 x,y 좌표로 구성된 자료를 의미한다. 래스터 데이터세트에서는 하나의 셀을 의미함
  
- ❖ **정확도 (Accuracy)** - 지도제작에서 위치와 속성의 값의 오류를 최소화하는 정도. 입력하는 도구에서 발생하거나 및 원 자료의 문제로 인해 발생하는 오류는 있을 수 밖에 없는데 자료의 정밀도 역시 정확도 못지 않게 고려 되어야 함
  
- ❖ **지리정보시스템 (Geographic Information System (GIS))** - 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 일련의 자료취득과 관리, 저장, 분석, 출력하는 제 과정을 포함한 체계로서 공간적 자료를 대상으로 하여 문제해결을 하고자 하는 복합적인 정보시스템.  
 (정의1) 지리정보를 통합하고 분석한 결과로서 얻어지는 지식 ; 지구상의 위치와 암시적으로나 명시적으로 관련된 현상과 관계하는 정보  
 (정의2) 지구에 관계한 지점과 암시적 또는 명시적으로 관계한 어떤 현상에 관한 정보  
 (정의3) 지구에서의 상대적인 위치와 직접, 간접적으로 관련된 현상들에 대한 정보  
 (정의4) 지형·지물·지명 및 경계 등의 위치 및 속성에 관한 정보
  
- ❖ **지리적좌표 (Geographic Coordinates)** - 고도의 유무와 관계없는 지리적 위경도
  
- ❖ **지역공동체 아이디 (Community Identification (CID))** - 미국 연방재난 관리공단에서 지역을 구분하기 위해 표준화시켜 제정한 여섯자리의 코드로서 FIS, FIRM, Q3 등의 모델에서 공히 사용. 앞의 두자리는 주를 의미.
  
- ❖ **지역비율시스템 Community Rating System (CRS)** - 미국연방재난관리 공단에서 홍수보험의 판매를 촉진시키고 홍수의 예방활동을 강화하기 위한 인센티브 프로그램이다. 일단 최소요구사항을 만족시키면 해당 지역은 홍수보험료에서 혜택을 받는다. 각 지역공동체의 활동 수준에 따라 등급이 달리 매겨짐.

- 
- ❖ **지형도 (Quad (also USGS Quad))** – 미국 지질조사국에서 제작한 지형도를 말하며 주로 1:24000 축척의 지형도를 말함. 홍수지도의 기본 도엽단위로 활용됨.
  
  - ❖ **주제도 레이어 (Thematic Layer)** – 몇 가지 주제에 국한한 지리정보 세트를 말하며 하나 혹은 여러 개의 층으로 구성하여 컴퓨터상에서 조작할 수 있는 다이내믹한 지도.
  
  - ❖ **축척(Scale)** – 객체의 상대적인 위치 및 다른 객체 간의 거리의 양방을 기술하기 위해 사용되는 한 개 이상의 표준적인 간격 및 원점을 부여하는 척도.
  
  - ❖ **투영 (Projection)** – (정의) 측지좌표계로부터 평면좌표계로의 변환  
 (비고) 지도 투영법은 단순히 도법이라고도 불리며 이는 경위선으로 이루어진 지구상의 가상적인 망 또는 좌표를 평면에 옮기는 방법을 의미한다. 지도 투영법은 보통 방위, 원추, 원통 등 투영되는 면의 종류에 따라 분류됨. 지도는 GIS 데이터 베이스 구축에 쓰이는 기본 자료로 지도에서 얻어진 도형자료는 모니터스크린 또는 종이 등에서 그 결과를 확인하여야 하므로 둥근 지표면을 평면으로 변화시켜 주어야 함. 둥근 입체의 지구를 평면으로 나타내기 위해 개발된 것이 지도 투영법으로, 지도제작 과정은 그 크기, 형태, 방향, 거리 등의 요소에서 왜곡이 일어남. 많은 유형의 지도 투영법이 개발되었으며, 각각의 투영법은 지도제작 과정에서 특정한 요소 즉, 형상, 면적, 방향, 거리에 대한 왜곡의 최소화를 지향하고 있다. 지도 투영법은 지표와 지도간의 수학적 관계로 성립되었으며, 많은 공간 관리 분야에서는 적합한 투영법으로 제작된 지도를 필요로 함.
  
  - ❖ **특별홍수재해지역 (Special Flood Hazard Area (SFHA))** – 일 퍼센트의 홍수가 날 홍수기준면이 범람을 한 지역으로 여러 형태의 존으로 나뉜다. Zones A, AE, AH, AO, AR, A1-30, A99, V, VE, V1-30 등이 예.
  
  - ❖ **품질보증 및 관리 (Quality Assurance/Quality Control (QA/QC))** – 요구사항을 만족시키는 정도를 포함하는 제품의 종합적인 특징을 자료 수집시 관리를 하고 결과를 보증하는 일체의 과정.

- ❖ **합성 (Merge)** - 두 개 이상의 유사한 데이터 셋을 하나로 묶어 결합하는 과정으로 지리정보에서는 인접 도엽 파일을 붙여 하나의 파일로 만드는 작업을 의미.
- ❖ **홍수 기준면 (Base Flood Elevation;BFE)** - 주어진 해에 연간 홍수가 발생할 수 있는 확률이 일 퍼센트 이상되는 고도.
- ❖ **홍수보험연구 (Flood Insurance Study (FIS))** - 홍수의 재난정도를 조사하고, 평가하고 결정하기 위한 연구.
- ❖ **횡측메르카토르 격자 (UTM Grid)** - 전세계를 원통을 썬듯 투영한 형태로 얻어지는 격자망으로 60개의 남북구역으로 구성되어 있는 망. 우리나라는 51, 52 구역에 위치.
- ❖ **Coastal Barrier Resources Act (COBRA)** - 미국 의회 법안 중의 하나로 1982년에 승인되고 1990년에 개정된 법안으로 미개발된 해안지역의 해안사주로 구성되는 지형군. 미국의 호수보험에서는 위 지역에 속한 구조물들은 보험 대상에서 제외.
- ❖ **Q3 Flood Data** - 미국의 연방재난관리소에서 개발하고 배포하는 수치재난보험율지도의 일종으로 현존하는 종이지도인 FIRM을 스캐닝하고 벡터화하여 생산됨
- ❖ **Spatial Data Transfer Standards (SDTS)** - 미국연방표준위원회에서 제정한 수치공간 자료를 교환하기 위한 포맷으로 구성요소, 내용구조 등이 세부적으로 정해져 있음. 우리나라에서도 표준으로 채택했으나 실제적으로 많이 사용되지 않음.





❖	.....	3
❖	.....	43
❖	.....	85
❖	.....	127
❖	가	..... 155



❖	.....	211
❖	.....	245
❖	.....	265
❖	.....	297



❖	.....	403
---	-------	-----

2002 年

1

가

.

2002. 12

·  
: 734 - 5721 ~ 2

F A X : 734 - 9347 ~ 8

가

·

: [www.opm.go.kr](http://www.opm.go.kr)( )